COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 AVRIL 1889,

PRÉSIDENCE DE M. DES CLOIZEAUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le Secrétaire perpétuel annonce à l'Académie que le Tome CVI des « Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences » est en distribution au Secrétariat.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Expressions approchées du contour de l'ellipse et de la surface de l'ellipsoïde, en fonction des deux moyennes arithmétique et géométrique des demi-axes;* par M. **J. Boussinesq**.

« I. Comme la surface de l'ellipse est proportionnelle au carré de la moyenne géométrique des demi-axes, il est assez naturel de chercher à exprimer de même le contour de l'ellipse soit par un terme proportionnel ou à cette moyenne géométrique, ou à la moyenne arithmétique des demi-axes, soit, à défaut d'un pareil terme, par une fonction linéaire de ces deux

moyennes. En procédant ainsi, l'on reconnaît aisément que, sauf dans le cas d'une excentricité voisine de 1, *la longueur totale de l'ellipse égale très sensiblement celle d'une circonférence, dont le diamètre serait l'excédent de trois fois la moyenne arithmétique des demi-axes sur une fois leur moyenne géométrique.*

» En effet, prenant le demi grand axe, a, pour unité de longueur et appelant, par suite, $(1-e^2)^{\frac{1}{2}}$ le demi petit axe b, dont le rapport à a est la racine carrée de l'excès de l'unité sur le carré e^2 de l'excentricité, nous aurons, pour les deux moyennes arithmétique et géométrique des demi-axes, développées par la formule du binôme suivant les puissances de e^2,

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{a+b}{2} = 1 - \dfrac{e^2}{4} - \dfrac{e^4}{16} - \dfrac{e^6}{32} - \dfrac{5e^8}{256} - \ldots, \\ \sqrt{ab} = 1 - \dfrac{e^2}{4} - \dfrac{3e^4}{32} - \dfrac{7e^6}{128} - \dfrac{77e^8}{2048} - \ldots. \end{cases}$$

Or ces deux moyennes, comparées au rayon

$$(2)\qquad R = 1 - \frac{e^2}{4} - \frac{3e^4}{64} - \frac{5e^6}{256} - \frac{175e^8}{16384} - \ldots$$

d'une circonférence $2\pi R$ équivalente au contour de l'ellipse (tel que l'exprime sa formule classique en série), se trouvent excédées, par R, des deux quantités respectives

$$(3)\qquad \begin{cases} R - \dfrac{a+b}{2} = \dfrac{e^4}{64}\left(1 + \dfrac{3e^2}{4}\right) + \dfrac{145e^8}{16384} + \ldots, \\ R - \sqrt{ab} = 3\dfrac{e^4}{64}\left(1 + \dfrac{3e^2}{4}\right) + 3\dfrac{147e^8}{16384} + \ldots, \end{cases}$$

dont la seconde est presque exactement le triple de la première. Il vient, en effet,

$$(4)\qquad \frac{1}{3}(R - \sqrt{ab}) - \left(R - \frac{a+b}{2}\right) = \frac{e^8}{8192} + \ldots;$$

et cette équation du premier degré en R, résolue par rapport au diamètre 2R, donne

$$(5)\qquad 2R = 3\frac{a+b}{2} - \sqrt{ab} - \frac{3e^8}{8192} - \ldots.$$

» On voit combien peu, tant que l'excentricité reste faible, le diamètre 2R de la circonférence équivalente en longueur à l'ellipse est surpassé par

son expression approximative $3\frac{a+b}{2}-\sqrt{ab}$. La comparaison de celle-ci avec la valeur exacte calculée au moyen des Tables elliptiques de Legendre montre que l'approximation se maintient assez grande, suffisante pour les besoins de la pratique, tant que l'excentricité e reste inférieure à l'unité d'au moins trois ou quatre centièmes; car, pour $e = \sin 75^\circ = 0,9659$ $\left(\text{ou pour } \frac{b}{a} = 0,2588\right)$, l'erreur n'atteint pas encore le cent-cinquantième du résultat; et, pour $e = \sin 70^\circ = 0,9397$ $\left(\text{ou pour } \frac{b}{a} = 0,3420\right)$, elle s'élève seulement aux 0,003 du résultat. Pour $e = \sin 80^\circ = 0,9848$ $\left(\text{ou } \frac{b}{a} = 0,1736\right)$, elle en est environ la soixante-huitième partie, et commence, par conséquent, à devenir sensible dans des applications ordinaires.

» II. La surface de l'ellipsoïde, dont les trois demi-axes a, b, c, rangés par ordre de grandeur décroissante, peuvent s'écrire, en prenant le plus petit pour unité de longueur,

$$(6)\qquad a = (1-e^2)^{-\frac{1}{2}},\qquad b = (1-k^2e^2)^{-\frac{1}{2}},\qquad c = 1\qquad (\text{avec } e < 1,\ k < 1),$$

comporte une expression analogue, où figurent encore les deux moyennes arithmétique et géométrique des demi-axes $\frac{1}{3}(a+b+c)$, $\sqrt[3]{abc}$, mais applicable seulement quand l'excentricité la plus grande, e, est assez notablement inférieure à l'unité. *Cette aire de l'ellipsoïde égale alors, à très peu près, celle d'une sphère qui aurait pour rayon* R *les quatre cinquièmes de la moyenne arithmétique des demi-axes plus un cinquième de leur moyenne géométrique.*

» En effet, d'après la formule connue de l'aire en question, on aura

$$4\pi R^2 = 2\pi + 2\pi\frac{ab}{e}\int_0^e \frac{(1-k^2e^2u^2)\,du}{\sqrt{(1-u^2)(1-k^2u^2)}},$$

ou, vu les valeurs (6) de a et b,

$$(7)\qquad R = \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2e\sqrt{(1-e^2)(1-k^2e^2)}}\int_0^e \frac{(1-k^2e^2u^2)\,du}{\sqrt{(1-u^2)(1-k^2u^2)}}}.$$

» Développons-y par la formule du binôme, suivant les puissances de u^2, la fonction sous le signe $\int$. Il viendra

$$\left\{\begin{aligned} &[(1-u^2)(1-k^2u^2)]^{-\frac{1}{2}}\\ &\quad = 1 + \frac{1+k^2}{2}u^2 + \frac{3+2k^2+3k^4}{8}u^4 + \frac{5-2k^2+5k^4}{16}(1+k^2)u^6 + \ldots,\end{aligned}\right.$$

et

$$\frac{1 - k^2 e^2 u^2}{\sqrt{(1-u^2)(1-k^2u^2)}} = (\text{les termes ci-dessus}) - k^2 e^2 u^2 - \frac{k^2}{2}(1+k^2)e^2 u^4 - \ldots.$$

» Par suite, l'intégrale qui figure sous le radical de (7) a, toutes réductions faites, la valeur

$$e\left[1 + \frac{1+k^2}{6}e^2 + \frac{9-34k^2+9k^4}{120}e^4 + \frac{25-66k^2+25k^4}{560}(1+k^2)e^6 + \ldots\right],$$

et son quotient par $2e\sqrt{(1-e^2)(1-k^2e^2)}$, ou son produit par

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{1}{2e}\left[1-(1+k^2)e^2+k^2e^4\right]^{-\frac{1}{2}} \\ &\quad = \frac{1}{2e}\left[1 + \frac{1+k^2}{2}e^2 + \frac{3+2k^2+3k^4}{8}e^4 + \frac{5-2k^2+5k^4}{16}(1+k^2)e^6 + \ldots\right], \end{aligned}\right.$$

est

$$(8)\qquad \frac{1}{2} + \frac{1+k^2}{3}e^2 + \frac{4+k^2+4k^4}{15}e^4 + 2\,\frac{4-3k^2+4k^4}{35}(1+k^2)e^6 + \ldots.$$

» La relation (7) devient donc, après addition de $\frac{1}{2}$ à (8) et extraction de la racine carrée encore par la formule du binôme,

$$(9)\qquad \left\{\begin{aligned} R = 1 &+ \frac{1+k^2}{6}e^2 + \frac{43+2k^2+43k^4}{360}e^4 \\ &+ \frac{1427-1310k^2+1427k^4}{15120}(1+k^2)e^6 + \ldots. \end{aligned}\right.$$

Or, d'une part, la moyenne arithmétique $\frac{1}{3}(a+b+c)$ des demi-axes, ou $\frac{1}{2}\left[(1-e^2)^{-\frac{1}{2}} + (1-k^2e^2)^{-\frac{1}{2}} + 1\right]$, est, de même,

$$(10)\qquad \frac{a+b+c}{3} = 1 + \frac{1+k^2}{6}e^2 + \frac{1+k^4}{8}e^4 + \frac{5-5k^2+5k^4}{48}(1+k^2)e^6 + \ldots;$$

d'autre part, la moyenne géométrique $\sqrt[3]{abc} = \left[1-(1+k^2)e^2+k^2e^4\right]^{-\frac{1}{6}}$ a pour développement analogue

$$(11)\qquad \left\{\begin{aligned} \sqrt[3]{abc} = 1 &+ \frac{1+k^2}{6}e^2 + \frac{7+2k^2+7k^4}{72}e^4 \\ &+ 7\,\frac{13-10k^2+13k^4}{1296}(1+k^2)e^6 + \ldots; \end{aligned}\right.$$

et la formule (9) devient aisément

$$(12)\quad R = \frac{4}{5}\frac{a+b+c}{3} + \frac{1}{5}\sqrt[3]{abc} - \frac{34-85k^2+34k^4}{11340}(1+k^2)e^6 - \ldots.$$

» C'est donc avec une erreur de l'ordre de e^6 que le rayon R de la sphère équivalente en surface à l'ellipsoïde s'exprime linéairement par les deux moyennes arithmétique et géométrique des demi-axes. Ainsi, la formule approchée

$$(13)\qquad R = \frac{4}{5}\frac{a+b+c}{3} + \frac{1}{5}\sqrt[3]{abc}$$

est moins exacte, pour les petites valeurs de e, que la formule analogue

$$2R = 3\frac{a+b}{2} - \sqrt{ab},$$

propre à fournir le contour de l'ellipse, et dont l'erreur atteint seulement l'ordre de e^8.

» Il est dès lors naturel qu'elle soit plus inexacte aussi pour les fortes valeurs de e.

» C'est ce qu'ont montré quelques calculs numériques faits dans les deux hypothèses extrêmes $b=c$, $b=a$, c'est-à-dire $k=0$, $k=1$. Pour $k=0$ (ellipsoïde de révolution *allongé*), la formule approchée donne des résultats par excès, comme l'indique, tant que e est assez petit, le signe du terme écrit de (12) : l'erreur relative y atteint $\frac{1}{16}$ quand

$$e = \sin 75^\circ = 0,9659,$$

$\frac{1}{117}$ quand $e = \sin 60^\circ = 0,8660$, enfin seulement $\frac{1}{950}$ environ quand

$$e = \sin 45^\circ = 0,7071.$$

Pour $k=1$ (ellipsoïde de révolution *aplati*), la même formule (13) se trouve approchée par défaut, comme l'indique encore le dernier terme écrit de (12) : l'erreur relative y est d'ailleurs $\frac{1}{30}$ quand $e = \sin 75^\circ$, $\frac{1}{157}$ quand $e = \sin 60^\circ$ et $\frac{1}{1060}$ environ quand $e = \sin 45^\circ$.

» On voit que la formule approchée (13) n'entraînera pas une erreur en plus ou en moins supérieure aux 0,002 environ du résultat, sur l'aire $4\pi R^2$ de l'ellipsoïde, quand l'excentricité maxima e ne dépassera pas $\sin 45^\circ$, ou quand le rapport $\sqrt{1-e^2}$ du plus petit axe au plus grand axe excédera $\frac{1}{\sqrt{2}}$, c'est-à-dire sept dixièmes environ. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Fixation de l'azote par la terre végétale nue, ou avec le concours des Légumineuses;* par M. **Berthelot.**

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie une nouvelle suite à mes expériences sur la fixation de l'azote libre par la terre et par les végétaux : ces nouveaux travaux comprennent 64 expériences méthodiques, exécutées pendant l'année 1888 et dont l'exposé occupe plus de 200 pages dans le numéro d'avril des *Annales de Chimie et de Physique*. En les résumant ici, je dois prévenir le lecteur que je ne saurais lui fournir dans ces quelques pages qu'une notion fort imparfaite de l'étendue et de l'importance des résultats; c'est au Mémoire complet que je prends la liberté de renvoyer les personnes qui s'intéressent à ces problèmes.

» Les expériences actuelles font suite, je le répète, aux recherches que je poursuis depuis 1883, dont j'ai commencé la publication en 1885 ([1]) et que j'ai développées depuis dans divers autres Mémoires ([2]). Si je rappelle ces dates, c'est que je suis heureux de voir que plusieurs savants se sont engagés depuis dans la voie que j'avais ouverte et viennent aujourd'hui confirmer et étendre mes découvertes sur la fixation de l'azote libre par la terre végétale.

» J'ai repris, en effet, la question de la fixation de l'azote atmosphérique dans le cours de la végétation et j'ai réussi à établir, par des preuves certaines, que cette fixation avait réellement lieu, principalement dans certaines terres végétales, en donnant naissance à des composés organiques complexes, de l'ordre des albuminoïdes, tandis qu'elle ne se produisait pas dans les mêmes terres stérilisées. Ces phénomènes et divers autres tendent à faire attribuer la fixation de l'azote aux microbes contenus dans la terre. C'était là un résultat inattendu, qui déplaçait tout à fait le problème.

» J'ai montré, en outre, dans une publication faite au mois d'août 1888 (*Comptes rendus*, t. CVII, p. 372), que la fixation de l'azote est exaltée par certaines plantes, telles que les Légumineuses. Ces divers résultats viennent d'être confirmés d'une manière directe pour la terre, par les expériences de M. Franck, de Berlin; et d'une manière indirecte, par un grand

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CI, p. 775.

([2]) *Voir* les Mémoires développés, *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XIII, p. 5 à 120; t. XIV, p. 473 à 503.

travail de MM. Hellriegel et Wilfarth, publié en novembre 1888, et relatif entre autres à l'ensemencement, par un extrait aqueux fait avec de la terre végétale, de sols stérilisés, au sein desquels les Légumineuses se développent ensuite, en même temps que l'azote atmosphérique est fixé.

» Les expériences que je présente aujourd'hui forment avec les précédentes un ensemble, qui ne laissera, je l'espère, subsister aucun doute sur ces doctrines nouvelles, si essentielles pour l'Agriculture.

» Le fait même de la fixation de l'azote par la terre étant démontré par mes recherches antérieures, je me suis spécialement proposé, dans les études présentes, d'examiner d'une façon comparative cette fixation opérée par le concours de la terre et des Légumineuses, et d'en préciser le caractère. J'ai opéré sur trois terres argileuses, inégalement riches en azote; chacune d'elles étant étudiée à l'état nu, ou bien ensemencée avec six espèces de Légumineuses, telles que vesce, lupin, trèfle, jarosse, *Medicago lupulina*, luzerne. Je me suis placé dans trois conditions différentes, savoir : à l'air libre, sous un abri transparent où l'air circulait librement, enfin dans des cloches de 45 litres, hermétiquement closes, mais où l'on pouvait introduire de l'acide carbonique et faire au besoin circuler de l'air purifié.

» Dans toutes ces expériences, il y a eu fixation d'azote : en deux mois, cette fixation sous cloche s'est élevée jusqu'à 11 centièmes de l'azote initial (238^{kg} par hectare, pour une épaisseur de 18^{cm}); à l'air libre, sans abri, en 19 semaines, jusqu'à 41,3 centièmes de l'azote initial (517^{kg} par hectare sous l'épaisseur de 18^{cm}); à l'air libre, sous abri, en 21 semaines, avec une autre terre jusqu'à 35,8 centièmes de l'azote initial (735^{kg} par hectare sous l'épaisseur de 18^{cm}). Ces chiffres mêmes devraient être fort accrus, si on les rapportait à une épaisseur de 50^{cm} ; comme il semble permis de le faire d'après mes expériences antérieures, où j'ai constaté que l'absorption de l'azote se fait pareillement dans toute la profondeur d'un pot de cette dimension.

» Les résultats que j'ai obtenus sont résumés dans une série de Tableaux, trop étendue pour être reproduite ici. Je me bornerai à en donner trois, pour caractériser les phénomènes.

Tableau I — *Absorption de l'azote par la terre nue.*

		Azote initial.		Durée.	Gain d'azote en centièmes du poids initial.	Gain calculé pour une surface d'un hectare. Épaisseur : 18^{cm}.
Terre nue.	Terre de l'enclos.	$0^{gr},9744$ par kilogr. sec; 45^{gr} environ de matière organique.	sous cloche.........	8 sem.	8,6	87^{kg}
			à l'air libre, sous abri.	12 sem.	7,3	74
			sans abri...........	11 sem.	9,5 brut. 8,8; eau de pluie déduite	89
	Terre de la terrasse.	$1^{gr},655$ par kilog. sec; 50^{gr} environ de matière organique....	sous cloche.........	7 sem.	2,2	38
			à l'air libre, sous abri.	13 sem.	5,8	95
			sans abri...........	11 sem.	9,5 brut. 9,1; eau de pluie déduite.	150
	Terre du parc.	$1^{gr},7444$ par kilogr. sec; 90^{gr} environ de matière organique.	sous cloche.........	7 sem.	4,3	78
			à l'air libre, sous abri............	11 sem.	6,1	110
			sans abri...........	11 sem.	2,1 brut. 1,7; eau de pluie déduite	30

» Ainsi, la terre nue, dans les conditions où j'opérais, a absorbé de l'azote; sauf dans deux cas, où les quantités absorbées, voisines de 2 centièmes, ne dépassent guère les erreurs d'expériences. Cette absorption a été particulièrement marquée avec la terre de l'enclos, la plus pauvre en azote et dès lors la plus apte à en fixer. La fixation de l'azote a été la même sensiblement avec la terre de l'enclos, sous cloche et à l'air libre, sous abri et sans abri : ce qui montre combien est minime l'influence exercée sur cette fixation par les apports dus soit à l'eau de pluie, soit aux gaz ammoniacaux de l'atmosphère illimitée. Une seule forte pluie, telle que celle de la fin de juin, a entraîné par drainage plus d'azote que toutes les eaux météoriques réunies de la saison n'en avaient apporté. Dans tous les cas, la terre s'est trouvée dans les conditions d'une nitrification, peu active d'ailleurs, c'est-à-dire dans les conditions d'une oxydation lente.

» Avec les deux autres terres, moins aptes à fixer l'azote, les influences atmosphériques ont été plus sensibles : sans doute à cause des apports de microbes divers, par les poussières atmosphériques et les eaux météoriques. Quoi qu'il en soit, le fait fondamental de l'absorption de l'azote par certaines terres, que j'ai déjà établi par tant d'expériences, reçoit de celles-ci une nouvelle confirmation.

» Venons maintenant à la fixation de l'azote, opérée avec le concours de la végétation des Légumineuses.

» Voici deux Tableaux relatifs à la vesce et à la luzerne :

TABLEAU II. — *Vesce.*

		Durée.	Gain total d'azote en centièmes.	Gain total d'azote par hectare ([1]).	Gain de la terre en centièmes réel.	Gain de la terre en centièmes apparent ([2]).	Gain de la plante en centièmes de l'azote total.	Gain de la plante en centièmes de l'azote de la graine.	Partie aérienne. Partie souterraine.
				kg					
Terre de l'enclos	sous cloche	6 sem.	6,7	94	11,2	11,6	— 4,5	— 43	p. a... —34 p. s... — 9
	à l'air, sous abri.	11 sem.	21,3	273	11,1	13,5	+ 7,8	+202	p. a... 99 p. s... 103
	sans abri.......	11 sem.	24,6	316	5,0	8,4	+16,2	+373	p. a... 200 p. s... 173
Terre de la terrasse	sous cloche	6 sem.	8,8	183	10,0	10,6	+ 1,8	— 17	p. a... —10 p. s... — 7
	à l'air, sous abri.	11 sem.	13,4	275	2,7	6,8	+ 4,6	+327	p. a... 153 p. s... 174
	sans abri... ...	11 sem.	15,9	328	2,5	6,2	+ 9,7	+514	p. a... 206,5 p. s... 207,5
Terre du parc.	à l'air, sous abri.	11 sem.	11,2	238	4,9	6,7	+ 4,5	+217	p. a... 97 p. s... 120
	sans abri.......	12 sem.	14,8	295	3,6	6,4	+ 8,4	+337	p. a... 152 p. s... 185

TABLEAU III. — *Luzerne.*

		Durée.	Gain total d'azote en centièmes.	Gain total d'azote par hectare.	Gain de la terre en centièmes réel.	Gain de la terre en centièmes apparent.	Gain de la plante en centièmes de l'azote total.	Gain de la plante en centièmes de l'azote de la graine.	Partie aérienne. Partie souterraine.
				kg					
Terre de l'enclos.	air libre, sous abri.	19 sem.	37,5	468	9,1	11,0	26,5	1174	p. a. 1re récolte 152 p. a. 2e récolte 399 p. s......... 621
	sans abri.	19 sem.	41,3	517	9,4	13,0	28,3	1322	p. a. 1re réc.. 126 p. a. 2e réc.. 394 p. s......... 802
Terre de la terrasse.	air libre, sous abri.	20 sem.	28,4	600	15,0	16,3	12,1	1010	p. a. 1re réc.. 139 p. a. 2e réc.. 425 p. s......... 446
	sans abri.	18 sem.	29,1	589	8,8	9,9	19,2	1361	p. a. 1re réc.. 250 p. a. 2e réc.. 514 p. s....... 597
Terre du parc.	sous cloche.	16 sem.	5,3	109	6,5	6,5	—1,2	—30	p. a....... — 20 p. s....... — 10
	air libre, sous abri.	21 sem.	35,8	735	12,6	14,0	21,8	1647	p. a. 1re réc.. 104 p. a. 2e réc.. 457 p. s......... 1086
	sans abri.	21 sem.	27,3	538	7,5	9,9	17,4	1523	p. a. 1re réc.. 110 p. a. 2e réc.. 498 p. s......... 915

(1) Épaisseur, 18^{cm}. On a retranché le poids de l'azote apporté par la pluie et par l'arrosage.

(2) C'est-à-dire rapporté à 1 kilogramme de terre. Tandis que le gain réel comprend seulement l'azote contenu dans la terre finale du pot, en déduisant la matière minérale fixée sur la plante.

» Résumons ces Tableaux et les conclusions qui s'en dégagent.

» Pour la *vesce*, avec la terre de l'enclos et celle de la terrasse, sous cloche, le gain d'azote a été notable; à peu près le même pour la première terre avec la plante que pour la terre nue. Dans les deux cas, c'est la terre qui a gagné; la plante ayant perdu une partie de son azote initial, parce que son développement n'a point été amené à dépasser le terme auquel la plante pouvait emprunter l'azote combiné des milieux ambiants. Les racines et parties souterraines ne renfermaient d'ailleurs que la moindre partie de l'azote de la plante : ce qui montre que cette portion de la plante n'est guère intervenue.

» Au contraire, lorsqu'on a opéré à l'air libre, les doses relatives d'azote fixé sur le système ont été beaucoup plus fortes : doubles ou triples, avec les terres de l'enclos, de la terrasse et du parc, de ce qu'elles étaient avec la terre nue. Elles ont été également doubles ou triples de ce qu'elles étaient avec la vesce sous cloche. Le gain relatif a été le plus fort avec la terre de l'enclos, c'est-à-dire avec la terre plus pauvre en azote; mais les gains absolus sont du même ordre avec les trois terres.

» Ce gain n'a porté d'ailleurs que pour une fraction sur la terre; une fraction, souvent beaucoup plus considérable, ayant été fixée sur la plante, dont l'azote initial (celui de la graine) a doublé, triplé et même quintuplé.

» Ce n'est pas tout : circonstance remarquable, le gain d'azote réalisé sur la plante a eu lieu à peu près également sur la partie aérienne et sur la partie souterraine; cette dernière l'emportait même dans plusieurs circonstances. Ce rapport de l'azote gagné à l'azote initial est aussi à peu près celui de la matière organique dans les deux régions : remarque qui s'applique également aux plantes suivantes. De tels résultats montrent le rôle prépondérant joué par les racines des Légumineuses, concourant avec la terre dans la fixation de l'azote. L'azote qu'elles accumulent n'est pas tiré des profondeurs du sol, comme on l'a souvent supposé, mais fixé sur place.

» C'est cependant à la terre qu'elles semblent l'emprunter; ou plutôt, il paraît se faire entre la terre et les racines de la plante une sorte d'alliance, d'union intime et de vie commune, due à l'intervention des microbes de la terre, et en vertu de laquelle l'azote, fixé grâce à ceux-ci, se transmet à la plante elle-même. Les microbes du sol paraissent trouver dans les racines un support et un milieu favorable, qui exalte leur activité. Mes observations à cet égard s'accordent avec celles de MM. Hellriegel et Wilfarth.

» L'influence prépondérante du sol sur la fixation de l'azote, influence que j'ai reconnue il y a quelques années, reçoit par là une confirmation nouvelle et une caractéristique plus complète.

» Cet enrichissement simultané de la terre et de la plante en azote,

qui s'observe avec les Légumineuses, n'a pas lieu d'une manière nécessaire, ni pour toutes les familles végétales. Parmi celles-ci, il en est, comme je l'ai montré pour les Amarantes, qui sont susceptibles d'enlever au sol une portion de son azote, portion supérieure parfois à l'azote que le sol a fixé. A *fortiori* cet appauvrissement du sol peut-il être constaté avec les plantes qui en épuisent dans une proportion plus considérable encore l'azote combiné, comme on l'admet depuis longtemps pour les Graminées.

» La fixation de l'azote n'a pas lieu d'ailleurs d'une façon exclusive, ou même prédominante, par les végétaux inférieurs proprement dits, tels que moisissures, champignons, algues microscopiques, etc., qui peuvent se développer à la surface du sol et dont j'ai signalé plus d'une fois l'existence. En effet, si ces végétaux étaient le siège de la fixation de l'azote, la couche superficielle du sol où ils se développent devrait être la plus riche en azote; or j'ai constaté à maintes reprises, par l'analyse, que cette couche n'offre à cet égard aucune prédominance et qu'elle tendrait même à se montrer un peu moins riche en azote que la masse totale. C'est donc dans celle-ci que résident les agents fixateurs d'azote, quelle qu'en soit la nature.

» Les tubercules développés par les racines des Légumineuses sont-ils le siège spécial de ces microbes? Sans vouloir trancher cette question, je me bornerai à dire que le jus de ces tubercules, répandu sur la terre nue, stérilisée ou non, ne lui a pas communiqué, dans les essais que j'ai exécutés, une aptitude spéciale à fixer l'azote.

» Rappelons à cet égard que les seuls faits absolument certains, pour établir l'existence des microbes du sol, fixateurs d'azote, sont : la stérilisation du sol par la chaleur, la fixation de l'azote à l'état de composés complexes analogues aux albuminoïdes, phénomènes que j'ai découverts, et l'expérience nouvelle de MM. Hellriegel et Wilfarth sur l'aptitude d'une infusion de terre végétale à restituer la propriété fixatrice d'azote à un sol stérilisé et ensemencé de Légumineuses. Ce sont ces faits qui servent de base à la théorie des microbes du sol, fixateurs d'azote, théorie que j'ai introduite dans la Science, il y a plusieurs années. Si elle n'est pas encore complètement éclaircie, cela, hâtons-nous de le dire, ne touche en rien la démonstration du fait fondamental que j'ai découvert; à savoir, la fixation de l'azote par l'intermédiaire de la terre végétale, agissant tantôt seule, tantôt, comme dans les expériences actuelles, avec le concours des racines de Légumineuses.

» Les plantes concourent-elles à cette fixation par leur partie aérienne? C'est un point qui réclame une étude nouvelle. Il me paraît difficile de

contester en principe que cette fixation immédiate ait lieu, dans une certaine mesure, sous l'influence continue de l'électricité atmosphérique à faible tension. En effet, j'ai établi, par des expériences directes, que les principes organiques les plus divers, et notamment les hydrates de carbone, qui forment la masse principale des tissus végétaux, fixent l'azote libre sous l'influence des tensions électriques, même faibles, et de l'ordre de celles que l'électricité atmosphérique possède d'une façon normale au voisinage du sol. Cette fixation d'azote est donc une conséquence nécessaire des lois générales de la Physique et de la Chimie, au même titre que la fixation de l'oxygène atmosphérique sur les principes immédiats des végétaux. Mais, pour l'azote comme pour l'oxygène, la fixation une fois admise, de nouvelles études devront déterminer le mode et la limite de cette fixation, ainsi que sa corrélation avec les phénomènes biologiques. J'y reviendrai.

» Quoi qu'il en soit de ce point spécial, il est démontré par mes expériences que l'azote libre est fixé, tant sur le sol que sur la plante, et le poids d'azote ainsi fixé peut être considérable. Sur le sol nu, sous cloche, il a atteint, en deux mois, avec la terre de l'enclos, près de 90^{kg} par hectare. Ce chiffre reste à peu près le même, soit sous cloche, soit à l'air libre, avec ou sans abri. Avec la terre de la terrasse, la diversité de ces trois conditions ne semble pas exercer davantage une influence décisive; en 11 semaines, avec cette terre nue, la fixation peut s'élever jusqu'à 150^{kg}, par hectare calculé.

» Ces valeurs devraient-elles être doublées, ou triplées, pour les rapporter à une période de six mois, et triplées encore une fois, pour les rapporter à une couche de terre nue de 55^{cm}; ce qui les porterait, par hectare calculé, vers 300^{kg}, à une épaisseur de 18^{cm}, et, même vers 900^{kg}, pour une épaisseur de l'ordre de celle qui intervient dans le cours de la végétation? C'est ce que je ne voudrais pas décider, le maximum d'effet étant peut-être limité dans les conditions où j'opérais.

» A plus forte raison le maximum est-il limité, lorsqu'il s'agit de la végétation d'une plante, qui tend à évoluer dans l'espace et la surface confinés d'un pot. Or, pour cette dernière condition, les fixations d'azote observées en 3 mois ont souvent dépassé 300^{kg} avec la vesce, par hectare calculé. Cette fixation doit être influencée, en raison de la multiplicité des pieds semés dans un même pot, où la densité de la végétation se trouve beaucoup plus forte que lors de la culture normale de la même plante en pleine terre. Mais si l'azote fixé sur un poids donné de matière se trouve

accru, par contre la plante ainsi resserrée est loin d'atteindre la même grandeur et le même développement qu'en plein champ : du moins dans sa partie aérienne, car les racines prennent, au contraire, un développement extrême. Tels quels, les résultats observés sont tout à faits décisifs, au point de vue de la fixation de l'azote.

» L'espace ne me permet pas de m'arrêter ici aux observations, non moins détaillées, que j'ai faites sur le lupin, la jarosse, le trèfle et le *Medicago lupulina*.

» C'est la *luzerne* qui a donné les gains d'azote les plus forts de tous : gains s'élevant à 500^{kg}, 600^{kg}, et même au delà de 700^{kg}, par hectare calculé; en cinq mois à la vérité, c'est-à-dire en un temps presque double des expériences faites sur la vesce. Sous cloche, la luzerne ne s'est guère développée mieux que le lupin; mais à l'air libre, avec ou sans abri, l'azote s'est accru jusqu'aux 30 et 40 centièmes de sa dose initiale dans le système total (terre et plante réunies). L'influence de l'absence d'abri, c'est-à-dire celle des eaux de pluie, a été minime, comme d'ailleurs dans les cas précédents.

» Ce gain d'azote n'a porté sur la terre que pour une dose limitée; quoique la terre se soit enrichie réellement, en même temps que la plante. La terre ne renfermait souvent que le tiers ou le quart de l'azote total fixé sur le système; dose comparable en gros à celle observée avec la vesce et le *Medicago lupulina*. Mais l'azote de la luzerne a pris plus d'accroissement que dans aucun autre cas, la dose en étant devenue jusqu'à 16 fois celle de l'azote de la graine; le *Medicago lupulina* se rapproche cependant de la luzerne à cet égard. La grandeur de la fixation d'azote sur ces deux plantes est certainement liée avec la durée plus longue des expériences faites sur elles et avec le degré plus avancé de leur végétation.

» L'azote fixé sur la luzerne se rapportait surtout à la partie souterraine; tandis que la partie aérienne de la première récolte n'en contenait qu'une fraction relativement faible; celle de la seconde récolte était plus notable.

» Cette prépondérance des racines de la luzerne s'accorde avec l'accumulation des matières minérales tirées du sol, qui caractérise les racines de cette plante. Non seulement les racines remplissent de leur chevelu tout l'intérieur du pot, mais elles fixent sur elles-mêmes et dans la trame de leurs tissus une dose énorme de matière minérale; de telle sorte que les racines laissent par calcination jusqu'à 80 à 90 centièmes de cendres. Un dixième de la terre du pot est ainsi entré dans la constitution des racines,

pour certains cas : ce qui montre bien le caractère complexe du système de leur végétation. Elle a lieu sans doute, je le répète, en vertu d'une vie commune aux microbes de la terre et de la plante ; et elle atteste l'origine réelle de l'azote fixé sur les Légumineuses. Enfin elle concourt à rendre compte de la végétation persistante des Légumineuses pendant plusieurs années consécutives.

» Toutes ces circonstances corroborent et précisent, je le répète, le grand fait de la fixation de l'azote par le sol. Une multitude de phénomènes de la plus haute importance pour l'Agriculture trouvent par là leur interprétation. »

CHIMIE AGRICOLE. — *Expériences sur la putréfaction et sur la formation des fumiers;* par M. **J. Reiset** ([1]).

« Au moment où je commençais mes expériences sur la putréfaction et la formation des fumiers, j'avais une idée préconçue. Faut-il l'avouer devant l'Académie? j'espérais alors trouver la *nitrification;* en un mot, j'espérais fixer directement l'azote atmosphérique pendant la combustion lente des matières organiques, en présence de carbonates alcalins.

» J'avais entre les mains un appareil et une méthode éprouvés, qui permettaient de découvrir la moindre fixation de l'azote, dans un volume d'air confiné. Animé par le feu sacré, je me mis donc à l'œuvre avec la plus grande confiance, dans les premiers mois de l'année 1854.

» Bientôt après, plusieurs expériences étaient terminées en bonnes conditions, calculées et discutées : non seulement je ne trouvais pas la satisfaction recherchée, mais un phénomène absolument inverse se révélait à l'observateur, tout d'abord un peu décontenancé.

» Enfin, en présentant le résultat de mes recherches à l'Académie, au mois de janvier 1856, j'arrivais à formuler les conclusions générales suivantes :

» Les matières organiques en voie de décomposition ou de putréfaction, au contact de l'air, absorbent une quantité considérable d'oxygène et produisent de l'acide carbonique.

» L'acide carbonique produit, pendant ces combustions lentes, contient au moins les $\frac{90}{100}$ de l'oxygène consommé.

([1]) *Comptes rendus*, t. XLII, p. 53; 1856. — Reiset, *Agronomie*, p. 46; 1863.

» Les sels ammoniacaux, les nitrates, les matières azotées fixes qui peuvent prendre naissance pendant la combustion lente ou la putréfaction des matières organiques azotées ne représentent pas tout l'azote contenu primitivement dans ces matières.

» La formation des fumiers, la putréfaction de la viande, au contact de l'air, sont toujours accompagnées d'un dégagement très notable d'azote à l'état gazeux.

» Aucun gaz combustible ne se produit lorsque la putréfaction s'effectue dans un milieu contenant une suffisante proportion d'oxygène.

» Si la décomposition du fumier a lieu à l'abri du contact de l'air, soit sous une couche d'eau, soit au sein d'une masse de terre, on observe un dégagement abondant d'hydrogène protocarboné et d'*azote à l'état gazeux*.

» *Dans tous les cas, lorsqu'une matière organique azotée éprouve la décomposition putride, une partie de son azote se dégage à l'état gazeux.*

» Je ferai remarquer que dans toutes ces expériences j'ai eu soin d'ajouter des carbonates terreux pour faciliter la formation des nitrates et que, néanmoins, le dégagement de l'azote l'a emporté de beaucoup sur la fixation de ce gaz, en admettant qu'elle ait eu lieu.

» Ces conclusions, très précises, ressortaient de plusieurs séries d'expériences poursuivies et modifiées, avec patience, pendant plusieurs années.

» L'économie rurale, la pratique agricole devaient, suivant moi, en tirer un enseignement d'une haute utilité pour le meilleur emploi des fumiers et des engrais, en général, qui perdent encore la plus grande partie de leurs éléments fertilisants, par une fermentation trop longtemps prolongée, dans nombre d'exploitations, mal dirigées.

» Après quelques années, j'avais le plaisir d'apprendre que le fait fondamental du dégagement d'azote pendant la décomposition des matières organiques se trouvait confirmé, de tous points, par MM. Lawes Gilbert et Pugh.

» Les expériences des célèbres agronomes de Rothamsted ont été exécutées en suivant la méthode indirecte indiquée par M. Boussingault : méthode tout à fait différente de celle que j'avais employée.

» Voici quelques-uns des résultats publiés le 21 juin 1860, dans les *Proceedings of the Royal Society*, et reproduits dans l'Ouvrage de M. Boussingault : *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie* (t. II, p. 347) :

« Dans la première série, comprenant six observations, du froment, de l'orge, de la farine de féverole, ont été mêlés séparément à de la pierre ponce, à de la terre calcinée, et abandonnés durant plusieurs mois à la décomposition dans un courant d'air, avec une disposition propre à recueillir l'ammoniaque émise et à la doser. Le résultat a été que, dans cinq cas sur six, il y a eu émission plus ou moins prononcée de gaz azote, s'élevant dans deux cas à 12 pour 100 de l'azote contenu dans la substance.

» La seconde série, comprenant neuf observations, a de même été faite avec du froment, de l'orge, des féveroles, le sol étant constitué comme précédemment par de la pierre ponce ou de la terre calcinée. On a continué ces expériences pendant plusieurs mois, pendant lesquels les matières ont perdu 60 à 70 pour 100 de leur carbone. Dans huit expériences sur neuf, il y a eu émission d'azote libre s'élevant dans la plupart des cas à $\frac{1}{7}$ ou $\frac{1}{8}$, et dans un cas à 40 pour 100 de l'azote constituant de la substance. Il paraît, d'après cela, que si, dans de rares circonstances, il peut ne pas y avoir émission d'azote pendant la décomposition des matières organiques azotées, le plus ordinairement la perte peut être très considérable; c'est là, il faut le remarquer, un fait important, en ce qu'il touche à l'aménagement des fumiers dans les fermes. »

» Ces conclusions sont, on le voit, absolument conformes à celles que j'ai déduites moi-même de mes expériences, que les chimistes anglais paraissent, d'ailleurs, avoir ignorées.

» La question se trouvait donc ainsi résolue depuis plus de trente ans. Après des épreuves multipliées et, suivant moi, décisives, elle me paraissait admise, dans la Science, comme une vérité classique.

» Mais, depuis mes recherches et celles des chimistes anglais, l'influence de la *vie microbienne* nous a été révélée ; les vérités qui découlent de cette révélation tendent à s'imposer chaque jour de plus en plus.

» Nous avions pu croire, avec Liebig, que la *fermentation*, la *putréfaction* des matières organiques étaient des symptômes de mort et de destruction finale (1) ; mais il faut bien admettre aujourd'hui que, dans la matière en voie de décomposition, des légions d'organismes se succèdent et propagent la vie en donnant de nouveaux produits.

» Au nombre des très intéressantes questions à étudier, se présentent maintenant la recherche et la culture des organismes, plus ou moins visibles, qui peuvent devenir les agents de l'exhalation de l'azote ou de sa fixation, au moment où s'accomplissent de bien grands phénomènes naturels, soit pendant la vie, soit après la mort des végétaux et des animaux.

» Dans le champ, si vaste et si fertile, ouvert par notre illustre maître, M. Pasteur, nous voyons, parmi les habiles et heureux ouvriers de la première heure, notre savant Confrère, M. Schlœsing, découvrir, avec la collaboration de M. Müntz, le ferment nitrique et son admirable fonction.

» On peut donc très bien comprendre que notre Confrère ait désiré préciser encore cette question de la déperdition de l'azote, pendant la décomposition des matières organiques.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXXI, p. 147; 1839.

» Dans deux Communications successives, insérées dans les *Comptes rendus* (4 et 11 février 1889), M. Schlœsing expose tout un programme d'expériences qu'il entend poursuivre : un appareil nouveau est décrit; les résultats obtenus dans six expériences sont publiés avec détails.

» Je transcris textuellement ses dernières conclusions :

» En définitive, dans les cas où je me suis placé, les pertes d'azote gazeux ont été minimes. Ces résultats semblent en désaccord avec ceux que M. Reiset a obtenus; mais il faut remarquer que la destruction des matières organiques a été poussée fort loin dans mes expériences, tandis que notre Confrère n'a observé la viande et le fumier que pendant une première période de décomposition. Il est bien possible que le dégagement d'azote se produise surtout dans cette période.

» Je ne me permettrai pas de discuter les résultats d'expériences que l'auteur poursuit encore aujourd'hui; mais je tiens, cependant, à répondre à quelques objections que m'a adressées, très amicalement, notre Collègue M. Schlœsing.

» Je demanderai donc à l'Académie de vouloir bien accueillir, lundi prochain, dans les *Comptes rendus*, certains détails inédits sur mes expériences de 1856; ces détails peuvent, en effet, apporter quelques renseignements utiles pour la discussion qui s'ouvrira, sans doute.

» Ces expériences sont au nombre de 23; elles ont été variées, quant aux appareils employés, aux températures, au poids des matières.

» Je compte donner les calculs et détails, pour trois expériences seulement.

» *Expérience* A. — Grand appareil, avec cloche de 40^{lit} contenant 10687^{gr} de fumier de ferme.

» *Expérience* B. — Appareil moyen, 1500^{gr} viande de bœuf dans une cloche de 8^{lit}.

» *Expérience* C. — Petit appareil contenant un volume de 900^{cc} d'air, dans lequel on avait placé 30^{gr} de viande.

» J'indiquerai le volume de l'azote exhalé dans chacune de ces conditions bien différentes.

» Avant de terminer, je tiens à rappeler que le fait de l'exhalation de l'azote se trouve très généralisé.

» Il a été mis hors de doute pendant la respiration des animaux.

» MM. Gayon et Dupetit ont décrit un *bacillus denitrificans* qui décompose même le nitrate de potasse, en donnant lieu à un dégagement d'azote pur [1].

---

[1] *Comptes rendus*, t. XCV, p. 644; 1882.

» Enfin n'existe-t-il pas une source d'azote, toute naturelle et certainement abondante, pendant la décomposition des matières organiques sous l'eau? Ce serait là un fait très intéressant à vérifier.

» A titre de renseignement, je puis citer une analyse du *gaz des marais*, due à notre éminent Associé étranger, M. Bunsen.

» On lit à la page 109 de ses *Méthodes gazométriques* (traduction française de 1858).

» Je cite, comme exemple, l'analyse d'un gaz qui a été extrait, en juillet 1848, de la vase d'un étang du Jardin botanique de Marbourg, et qui, avant d'être soumis à l'analyse, a été débarrassé de son acide carbonique à l'aide de la potasse caustique.

» M. Bunsen a obtenu la composition centésimale suivante du gaz :

Gaz des marais	48,5
Azote	51,5
Oxyde de carbone	0,0
Hydrogène	0,0
	100,0

» Il y a lieu de remarquer qu'en publiant ces résultats, dans son livre, M. Bunsen se préoccupait uniquement d'indiquer la meilleure méthode à suivre pour arriver à l'analyse eudiométrique du *gaz des marais*.

» Dans le volume centésimal de 51,5 d'azote trouvé dans un gaz déjà traité par la potasse et privé de son acide carbonique, nous n'avons pas pour but de déterminer quelle part pourrait être attribuée à la diffusion de l'air atmosphérique et quelle autre part, aux matières organiques, en décomposition dans la vase. Il faut avouer que ce partage serait bien difficile à établir exactement.

» En ce qui concerne le gaz des marais, l'argument invoqué n'a donc rien d'absolu, quant aux proportions et aux chiffres; mais je persiste à déclarer que la production de l'hydrogène protocarboné pendant la décomposition *anaérobie* des fumiers est accompagnée d'un dégagement d'azote qui peut être considérable; ce fait ressort d'expériences que je me propose de publier dans ma prochaine Communication.

» Je livre cette pensée à ceux qui se préoccupent de la *statique* de l'azote atmosphérique et de l'harmonie des phénomènes naturels; de nouveaux faits viennent chaque jour nous découvrir quelques-unes des causes de cette harmonie, que nous admirons, et qui ne saurait être troublée. »

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence qu'exerce sur la maladie charbonneuse l'inoculation du bacille pyocyanique.* Note de M. **Ch. Bouchard.**

« On a déjà fait quelques essais de traitement de la maladie charbonneuse par l'inoculation d'autres maladies infectieuses. M. Emmerich a traité avec succès le charbon en inoculant après la bactéridie charbonneuse le streptocoque de l'érysipèle ; M. Pawlowsky a également réussi en inoculant le pneumocoque.

» J'ai recherché quelle influence pouvait avoir l'inoculation du bacille pyocyanique sur le développement et l'évolution du charbon si on la pratiquait quelques heures après l'inoculation de la bactéridie charbonneuse. Ces expériences ont été faites chez le lapin et chez le cobaye.

» J'ai fait, chez le lapin, 26 inoculations de la bactéridie charbonneuse, puis du bacille pyocyanique.

» Dans 17 inoculations la bactéridie a été puisée dans une culture ; 5 animaux sont morts charbonneux, 2 sont morts sans charbon, 10 ont guéri. Dans les diverses expériences de cette série, 11 lapins témoins inoculés avec les mêmes cultures ont donné 11 morts par charbon.

» Dans 9 inoculations la bactéridie a été puisée dans le sang d'un animal mort du charbon ; 1 animal est mort charbonneux, 6 sont morts non charbonneux, 2 ont guéri. Dans les diverses expériences de cette série, 9 lapins témoins inoculés avec les mêmes sangs ont donné 9 morts par charbon.

» En somme, sur 26 inoculations pratiquées sur le lapin, soit avec les cultures, soit avec le sang charbonneux, il y a eu 6 morts par charbon, 8 morts sans charbon et 12 guérisons, tandis que 20 témoins ont donné 20 morts par charbon.

» J'ai fait, chez le cobaye, 6 inoculations de la bactéridie charbonneuse, puis du bacille pyocyanique.

» Dans 3 inoculations, la bactéridie a été puisée dans une culture ; 1 animal est mort charbonneux, 2 sont morts sans charbon, il n'y a pas eu de guérison, 1 cobaye témoin inoculé avec la même culture est mort charbonneux.

» Dans 3 inoculations, la bactéridie a été puisée dans le sang d'un animal mort du charbon ; 2 animaux sont morts charbonneux, 1 est mort sans

charbon, il n'y a pas eu de guérison, 1 cobaye témoin inoculé avec le même sang est mort charbonneux.

» En somme, sur 6 inoculations pratiquées sur le cobaye, il y a eu 3 morts par charbon et 3 morts sans charbon, tandis que 2 témoins ont donné 2 morts par charbon.

» Pour tous les animaux, lapins et cobayes, déclarés morts sans charbon, il a été constaté que la rate n'était pas volumineuse, que le microscope ne faisait pas découvrir de bactéridies dans le sang, que ce sang ensemencé ne donnait pas la culture caractéristique et que, inoculé à des animaux sains, il ne produisait pas le charbon.

» Je dois dire que les animaux guéris n'avaient pas conquis l'immunité et que, inoculés plus tard avec le sang charbonneux sans adjonction de bacille pyocyanique, ils sont tous morts charbonneux.

» MM. Guignard et Charrin ont cherché à déterminer les conditions qui font que l'inoculation du bacille pyocyanique s'oppose partiellement au moins au développement de la maladie que provoque la bactéridie charbonneuse [1]. »

CHIRURGIE. — *De l'identité de l'érysipèle et de la lymphangite aiguë.* Note de MM. Verneuil et Clado.

« L'érysipèle et la lymphangite sont deux affections voisines qu'on observe le mieux et le plus souvent à la surface du corps, mais sur la nature et les relations desquelles on a beaucoup discuté sans être parvenu aujourd'hui même à se mettre complètement d'accord.

» Les uns, en effet, n'en font qu'une seule et même maladie ou tout au plus deux formes de la même maladie; les autres, au contraire, les séparent nettement, accordant toutefois qu'elles peuvent coexister et se confondre.

» Les *unicistes*, parmi lesquels nous voulons être rangés, invoquent :

» 1° La communauté de siège anatomique : la lymphangite occupant les troncs lymphatiques, et l'érysipèle, les réseaux du même système; l'une et l'autre envahissant également les ganglions ;

» 2° La similitude du processus pathologique; les deux affections présentant là où elles sont visibles les phénomènes cardinaux de l'inflammation franche : rougeur, chaleur, douleur, tuméfaction, avec tendance à la suppuration ;

[1] Voir plus loin, page 764.

» 3° Le même point de départ dans une solution de continuité des surfaces tégumentaires;

» 4° Le même début symptomatique : frissons, vomissements, élévation brusque de la température, etc., avec les troubles généraux traduisant une intoxication soudaine;

» 5° L'impossibilité pour le clinicien de dire dans un bon nombre de cas s'il s'agit d'une lymphangite, d'un érysipèle, ou d'une association des deux; le mal ayant commencé tantôt par l'une, tantôt par l'autre.

» A ces arguments si nombreux et si probants nous voulons ajouter une preuve nouvelle, tout à fait décisive, tirée de l'étude expérimentale et microbienne, et qui nous dispensera d'exposer et de détruire les arguments des *dualistes*.

» Tout le monde sait aujourd'hui que l'érysipèle est une maladie infectieuse, contagieuse, inoculable, ayant pour agent unique un microbe spécial, découvert d'abord en France par Nepveu, puis en Allemagne par Hueter, très facile à reconnaître, à isoler, à cultiver, à transmettre aux animaux. Les cliniciens unicistes considèrent également la lymphangite comme contagieuse, infectieuse, transmissible, et par conséquent microbienne; mais ils n'en ont pas fourni la preuve péremptoire, n'ayant pas isolé son microbe et ne l'ayant pas inoculé aux animaux; ils ont encore moins prouvé son identité avec le microbe érysipélateux. Or, c'est à ces diverses démonstrations qu'est destinée la présente Note.

» Nous rappellerons d'abord que, lorsqu'on veut montrer le microbe de l'érysipèle et mettre en évidence ses propriétés infectieuses, on excise des petits fragments de peau envahie par la maladie, ou l'on pratique sur les plaques érysipélateuses de petites incisions superficielles. On fait avec les fragments cutanés ou le sang provenant des incisions, et sur l'agar-agar, des cultures qui, au bout de quelques jours, présentent des amas microbiens caractéristiques, suivant nous, par leur volume, leur disposition et leur couleur. Si avec ces cultures on inocule un lapin à la base de l'oreille, on produit une inflammation érysipélateuse des plus nettes, avec phénomènes généraux plus ou moins graves.

» Bien que, pendant la période aiguë, il se fasse (comme Vulpian l'avait découvert le premier), une diapédèse des globules blancs du sang dans les espaces conjonctifs du derme, l'érysipèle se termine souvent par résolution. Après un temps variable, les lésions cutanées s'effacent et la peau reprend ses caractères; mais, dans certains cas rares, les leucocytes s'accumulent et

forment dans le tissu conjonctif sous-cutané des collections purulentes plus ou moins étendues.

» Si l'on étudie ces abcès comme nous avons eu l'occasion de le faire plusieurs fois depuis la fin de 1887, on trouve au microscope, avec les globules de pus, bien entendu, des microcoques pyogènes en nombre variable, mélangés aux microbes de l'érysipèle, et, par la culture, on obtient ces derniers à l'état de pureté, en grand nombre, et aptes à transmettre aisément la maladie au lapin.

» C'est en procédant de la même manière que nous sommes arrivés à retrouver dans la lymphangite le microbe érysipélateux avec ses caractères et propriétés au complet.

» Pour que les résultats fussent probants, il fallait nécessairement expérimenter sur la lymphangite pure, c'est-à-dire exempte de toute promiscuité avec l'érysipèle. Or, la chose est moins aisée qu'on ne le pourrait croire. La lymphangite, en effet, se présente sous deux aspects, tantôt celui de plaques rouges diffuses (lymphangite réticulaire), tantôt celui de traînées rouges bien limitées, rectilignes, parallèles à l'axe des membres (lymphangite tronculaire).

» La lymphangite réticulaire est si facile à confondre avec l'érysipèle que, si nous avions cherché et trouvé notre microbe au niveau des points occupés par la rougeur diffuse, on nous eût dit que, ayant opéré simplement sur des plaques d'érysipèle, il était naturel que nous ayons retrouvé le microbe érysipélateux.

» Même objection, si nous avions, pour avoir des matériaux de culture, incisé directement les cordons enflammés partant des plaques de rougeur diffuse. Le microbe alors isolé eût passé pour celui de l'érysipèle, traversant les troncs lymphatiques pour se rendre aux ganglions correspondants.

» Il existe heureusement, aux membres supérieurs et inférieurs, une variété de lymphangite tout à fait distincte et n'ayant avec l'érysipèle aucune ressemblance clinique. Siégeant exclusivement dans les gros vaisseaux rectilignes, elle se présente sous forme de cordons cylindriques, rampant sous la peau et se rendant de la plaie dermique aux ganglions inguinaux ou axillaires. Appréciables au toucher par leur consistance ferme et la douleur à la pression, ils sont souvent aussi reconnaissables à la vue, en raison de la rougeur linéaire, étroite, bien limitée, que la peau offre sur leur trajet.

» Comme l'érysipèle, cette lymphangite se termine de deux manières :

tantôt par résolution, les phénomènes inflammatoires se dissipant peu à peu et les cordons indurés disparaissant à la longue; tantôt par suppuration, auquel cas on voit, quand l'épaisseur de la peau n'est pas trop grande, se former sur le trajet des cordons enflammés un ou plusieurs renflements, d'abord durs, puis fluctuants au centre et offrant tous les caractères des collections purulentes sous-cutanées, lesquelles peuvent être uniques ou multiples et apparaître simultanément ou successivement. Lorsque plusieurs de ces collections existent sur le trajet d'un même vaisseau, l'affection prend un aspect particulier, les renflements fusiformes superposés figurant une sorte de chapelet à grains plus ou moins uniformes et plus ou moins régulièrement disposés.

» Or, de même que nous avions étudié le microbe de l'érysipèle dans les plaques cutanées ne suppurant pas et dans les abcès érysipélateux sous-cutanés, de même nous songions à rechercher le microbe lymphangitique dans les deux formes précitées de la lymphangite tronculaire, en examinant soit le contenu des cordons durs susceptibles de résolution, soit le pus des collections formées le long des vaisseaux dans le tissu conjonctif. Nous renonçâmes cependant à la première recherche, qui aurait nécessité sur le malade une sorte de dissection peut-être préjudiciable, et nous nous contentâmes d'examiner le liquide des collections purulentes, croyant d'ailleurs qu'au point de vue de la recherche des microbes elle nous donnerait des résultats suffisants, puisque, pour l'érysipèle, on retrouve exactement le même microbe avec toutes ses propriétés, qu'on puise les matériaux des cultures sur les plaques cutanées ou dans les abcès. Même en nous limitant de la sorte, les matériaux ne nous firent point défaut; dans le court espace de quelques semaines, en effet, nous avons pu examiner quatre fois le pus de collections lymphangitiques pures, sans relations avec l'érysipèle.

» Quelques mots sur les quatre sujets observés dans nos salles à l'hôpital de la Pitié :

» Le premier malade était un journalier, 30 ans, bonne santé habituelle; il se blesse légèrement, le 9 février, avec un éclat de verre à la face dorsale de la main droite. Le soir même, frisson violent, fièvre intense, anorexie, soif, insomnie, etc.

» Le 12, douleurs vives depuis l'aisselle jusqu'à la main, gonflement considérable de cette dernière et formation, au niveau de la piqûre, d'un abcès qui s'ouvre au bout de cinq jours.

» Le 18, l'avant-bras et le bras se gonflent et présentent les traînées rouges de la lymphangite des gros troncs. Dès le lendemain, sur le trajet d'un des vaisseaux enflammés, apparaissent, dans l'espace qui sépare le poignet de l'aisselle, six bosselures, dont

quatre à l'avant-bras et deux au bras, réunies entre elles par un cordon induré. Ces bosselures fusiformes, dont le volume varie depuis celui d'une noisette jusqu'à celui d'un œuf de poule, présentent une teinte rouge qui tranche sur la coloration normale de la peau voisine et offrent une fluctuation évidente : il s'agit d'un type d'abcès lymphatiques en chapelet.

» Le 20, à l'aide d'une seringue de Pravaz, on ponctionne les collections antibrachiales et l'on y injecte quelques grammes d'éther iodoformé.

» Le pus extrait, aussitôt porté au laboratoire, est examiné au microscope et ensemencé sur l'agar-agar.

» Le second malade était un cantonnier de 43 ans qui, en travaillant, se fit à la face dorsale de l'annulaire et du médius deux petites écorchures auxquelles il ne fit nulle attention. Quinze jours plus tard, la main et l'avant-bras gonflent sans réaction inflammatoire bien vive, si l'on en croit le malade, et sans engorgement des ganglions de l'aisselle. Deux jours après, le blessé entre à l'hôpital où il est soigné de sa lymphangite par les bains phéniqués. Bientôt apparaît à la face dorsale de la main, à plusieurs centimètres des plaies des doigts, un abcès sous-cutané qu'on ponctionne avec un bistouri étroit. Petit drain dans l'ouverture, injections phéniquées dans le foyer, guérison très prompte.

» Le troisième sujet est un tailleur de 44 ans, atteint d'ulcères de la jambe, consécutifs à une ancienne fracture avec hyperostose et issus de petits sequestres. Une inflammation aiguë, se greffant sur l'inflammation chronique dont les téguments de ce membre étaient continuellement le siège, provoqua, en différents points de la jambe et à la cuisse, sur le trajet des gros troncs lymphatiques, une série d'abcès bien circonscrits, du volume d'une noisette ou d'une petite noix, avec le pus desquels nous fîmes nos cultures et nos inoculations.

» Le quatrième cas enfin, plus compliqué et plus grave que les autres, est relatif à une robuste fille de 18 ans, atteinte, au premier mois de la grossesse, d'une lymphangite réticulaire du dos du pied, d'origine traumatique, laquelle ne suppura pas, mais, ne se résolvant pas davantage, envahit peu à peu la jambe tout entière sous forme d'œdème sub-inflammatoire chronique avec rougeur livide qui, au cinquième mois de la gestation, sans cause bien manifeste, prit soudainement une marche aiguë, s'accompagnant de fièvre et de graves phénomènes généraux, et donna naissance à plus de vingt abcès, épars dans le tissu cellulaire sous-cutané et sous l'aponévrose et développés dans les troncs lymphatiques superficiels et profonds.

» Le résultat des cultures et inoculations dans ces quatre cas a été le suivant:

» Dans les trois premiers, le pus ne renfermait absolument que le microbe érysipélateux, apparaissant vers le huitième jour.

» Dans le quatrième cas seulement on constatait également la présence de microcoques dorés et citrins, en taches tout à fait différentes par l'aspect et apparaissant beaucoup plus vite.

» Ces cultures de la lymphangite ont été inoculées à des lapins chez lesquels elles ont produit l'érysipèle si typique chez ces animaux.

» Le résultat le plus net nous a été fourni précisément par le cas où la lymphangite était le mieux caractérisée et cliniquement aussi distincte que possible de l'érysipèle (observation première).

» Ce qui augmente l'intérêt de cette série de quatre lymphangites suppurées ne se ressemblant pas plus entre elles qu'elles ne ressemblaient à l'érysipèle, c'est que les cultures et les inoculations ont démontré, en dépit des différences cliniques, leur parfaite identité.

» *Conclusions.* — 1° L'érysipèle et la lymphangite aiguë ne sont que deux formes d'une seule et même maladie contagieuse, infectieuse, parasitaire.

» 2° Leur agent est un microbe spécial, facile à reconnaître, à isoler, à cultiver et à inoculer aux animaux.

» 3° Ce microbe, découvert et décrit dans l'érysipèle seulement, se retrouve dans la lymphangite aiguë avec ses caractères et ses propriétés au complet.

» 4° Il établit donc définitivement l'identité absolue de cause et de nature de deux affections considérées comme distinctes par un grand nombre d'auteurs. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de l'année 1889.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Prix Mège. — MM. Bouchard, Charcot, Brown-Séquard, Marey et Verneuil réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Larrey et Richet.

Prix Montyon (Physiologie expérimentale). — MM. Brown-Séquard, Marey, Chauveau, Bouchard et Charcot réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Ranvier et Sappey.

Prix L. La Caze (Physiologie). — MM. Chauveau, Ranvier et Sappey réunissent la majorité des suffrages et seront adjoints aux Membres de la Section de Médecine et Chirurgie pour constituer la Commission. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Larrey et Edwards.

Prix Martin-Damourette. — MM. Bouchard, Brown-Séquard, Charcot, Verneuil et Chauveau réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Marey et Ranvier.

Prix Pourat (*Recherches expérimentales sur la contraction musculaire*). — MM. Marey, Brown-Séquard, Bouchard, Ranvier et Charcot réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Sappey et Chauveau.

Prix Gay (*Déterminer, par l'étude comparative des Faunes ou des Flores, les relations qui ont existé entre les îles de la Polynésie et les terres voisines*). — MM. Duchartre, Edwards, Grandidier, Bornet et de Quatrefages réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Van Tieghem et Chatin.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **Émile Delfieu** soumet au jugement de l'Académie un Mémoire ayant pour titre : « Système de communication électrique permettant : 1° de correspondre de distance en distance avec un train en marche; 2° d'agir à distance sur le frein continu à air comprimé, du système Westinghouse; 3° rendant impossible l'engagement en sens inverse de deux trains sur la même voie; 4° fournissant à tout train, partant d'une gare, le moyen de s'annoncer lui-même à la station voisine. »

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

M. **L. Mirinny** adresse une nouvelle Note « sur les canaux de Mars ».

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. **E. Fournier** adresse une Note ayant pour titre : « Prévisions certaines sur la marche, la force et la durée d'un ouragan ».

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

CORRESPONDANCE.

ASTRONOMIE. — *Sur l'influence de la réfraction dans la réduction fil à fil des observations d'un passage méridien.* Note de M. G. Rayet, présentée par M. Wolf.

« Les considérations dont j'ai fait usage dans ma Note sur l'influence de la réfraction dans la réduction des observations des circompolaires (*Comptes rendus* du 11 mars 1889) s'appliquent à la réduction fil à fil des observations de passages des étoiles d'une déclinaison quelconque ; les mêmes formules peuvent être appliquées à ce cas nouveau.

» Pour la réduction au méridien d'une étoile observée au premier fil du cercle méridien de Bordeaux, fil dont la distance équatoriale au fil moyen est de 69^s, on trouvera ainsi que les divers termes de la formule (α) de la Note citée ont les valeurs suivantes :

Déclinaison de l'étoile.	Angle horaire de l'observation.	Valeur numérique des termes $\frac{225}{6}\sin^2 1'' \sin^2 \delta\,\theta^3$.	$k \sin 1''\theta\left[1 - \frac{225}{6}\sin^2 1''(1 - 3\cos^2\delta)\theta^2\right]$.
°	m s	s	s
0	1. 9,0	0,0000	+0,0191
20	1.13.4	0,0000	+0,0203
40	1.30.1	+0,0005	+0,0249
50	1.47.3	+0,0006	+0,0297
60	2.18,0	+0,0017	+0,0381
70	3.21,7	+0,0064	+0,0558
75	4.26,6	+0,0156	+0,0737
80	6.37,4	+0,0536	+0,1098
85	13.11,7	+0,4341	+0,2187

» Avec l'instrument méridien de Bordeaux, et pour une observation de passage faite au premier fil, le second terme de la réduction au méridien peut donc être négligé jusqu'à 80° de déclinaison ; mais, pour obtenir une exactitude de un dixième de seconde, il est nécessaire de tenir compte de la réfraction dès que la déclinaison dépasse 70°.

» Au point de vue de la détermination de la valeur du tour de la vis d'ascension droite à l'aide de la distance en temps des fils extrêmes, l'erreur commise en ne tenant pas compte des phénomènes de réfraction est constante et égale à $-0^s,0011$ pour la vis de l'instrument de Bordeaux. Pour

les étoiles d'une déclinaison inférieure à 40°, la valeur du tour de vis obtenue sans tenir compte des phénomènes de réfraction doit en effet être multipliée par $(1 - k \sin 1'') = 1 - 0,00028$. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la recherche des discontinuités polaires.* Note de M. **Hadamard**, présentée par M. Darboux.

« Dans une précédente Note [1], j'ai démontré que la fonction

$$\varphi(x) = a_0 + a_1 x + \ldots + a_m x^m + \ldots$$

avait bien pour point singulier le point

$$(1) \qquad x_0 = \lim \frac{a_n}{a_{n+1}}$$

lorsque la différence entre x_0 et sa limite était moindre que le $n^{\text{ième}}$ terme d'une progression géométrique décroissante.

» Cette hypothèse est très particulière; elle correspond au cas où la fonction φ a en x_0 un pôle simple. $a_{n+1} - \frac{a_n}{x_0}$ est, en effet, le $(n+1)^{\text{ième}}$ terme du développement de $\varphi(x)\left(1 - \frac{x}{x_0}\right)$. D'ailleurs, puisque la limite supérieure [2] de $\sqrt[m]{|a_m|}$ est $|x_0|$, l'hypothèse que nous avons faite plus haut donne l'inégalité

$$\sqrt[m]{\left|a_{m+1} - \frac{a_m}{x_0}\right|} < \frac{1}{|x_0|}$$

et exprime, par suite, que la nouvelle série n'admet plus le point singulier x_0. Réciproquement, si une fonction holomorphe dans le cercle de rayon $|x_0|$ admet le pôle simple $x = x_0$, le terme général de son développement sera de la forme $\frac{A}{x_0^n} + \mu_n$, où $\sqrt[n]{|\mu_n|}$ a une limite supérieure moindre que $\frac{1}{|x_0|}$: le rapport de deux coefficients consécutifs tend donc vers x_0 dans les conditions indiquées ci-dessus. On verra de même que, si la fonction admettait le point x_0 pour pôle d'un ordre supérieur de multiplicité, le rapport $\frac{a_n}{a_{n+1}}$ aurait encore pour limite x_0 (mais non plus en s'en approchant suivant la loi précédente).

(1) *Comptes rendus*, 23 janvier 1888.

(2) Le mot *limite supérieure* a le même sens ici que dans la Note précédente.

» Soit maintenant le cas d'un nombre quelconque de pôles : en multipliant la série par un polynôme

$$1 + \alpha^{(1)}x + \alpha^{(2)}x^2 + \ldots + \alpha^{(p-1)}x^{p-1},$$

on lui donnera un rayon de convergence supérieur à son rayon de convergence actuel ρ. Comme les nouveaux coefficients sont donnés par la formule

$$(2) \qquad a'_m = a_{m+p-1} + \alpha^{(1)} a_{m+p-2} + \ldots + \alpha^{(p-1)} a_m,$$

la propriété en question s'exprimera par l'inégalité

$$\sqrt[m]{|a_{m+p-1} + \alpha^{(1)} a_{m+p-2} + \ldots + \alpha^{(p-1)} a_m|} < \frac{1}{\rho_1 - \varepsilon},$$

où ρ_1 est le nouveau rayon de convergence, et ε un nombre positif aussi petit qu'on veut, pour m suffisamment grand.

» Considérons alors le déterminant symétrique

$$\Delta_{m,p} = \begin{vmatrix} a_m & a_{m+1} & \ldots & a_{m+p-1} \\ \ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots \\ a_{m+p-1} & a_{m+p} & \ldots & a_{m+2p-2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_m & a_{m+1} & \ldots & a_{m+p-2} & a'_m \\ \ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots & \ldots \\ a_{m+p-1} & \ldots\ldots & \ldots & a_{m+2p-3} & a'_{m+p-1} \end{vmatrix}.$$

» D'après la seconde expression de ce déterminant, on voit que $\sqrt[m]{|\Delta_{m,p}|}$ a une limite supérieure au plus égale à $\frac{1}{\rho^{p-1}\rho_1}$.

» Réciproquement, supposons que, pour une certaine valeur de p, la limite supérieure de $\sqrt[m]{|\Delta_{m,p}|}$ $(m = \infty)$ soit moindre que $\frac{1}{\rho^p}$. Nous pouvons admettre que cette valeur est la première pour laquelle il en soit ainsi, et que, par conséquent, $\sqrt[m]{|\Delta_{m,p-1}|}$ a pour limite supérieure $\frac{1}{\rho^{p-1}}$.

» Un théorème bien connu sur les déterminants nous donne

$$(3) \qquad \Delta_{m+1,p-1}\Delta_{m-1,p-1} - \Delta^2_{m,p-1} = \Delta_{m-1,p}\Delta_{m,p-2}$$

et nous montre que $\sqrt[m]{|\Delta_{m+1,p-1}\Delta_{m-1,p-1} - \Delta^2_{m,p-1}|}$ a une limite supérieure moindre que celle de $\sqrt[m]{|\Delta^2_{m,p-1}|}$. Ceci suffit pour établir, à l'aide d'un calcul que je supprime, que la limite supérieure assignée tout à l'heure à $\sqrt[m]{|\Delta_{m,p-1}|}$ est une véritable limite, au sens ordinaire du mot, que $\sqrt[m]{|\Delta_{m,p-1}|}$ s'en approche indéfiniment pour *toutes* les valeurs de m suffisamment grandes.

» Ceci posé, déterminons les quantités $\alpha_m^{(1)}, \alpha_m^{(2)}, \ldots, \alpha_m^{(p-1)}$ par les équations

$$(4) \qquad \alpha_m^{(1)} a_{m+i+p-2} + \ldots + \alpha_m^{(p-1)} a_{m+i} + a_{m+p-1+i} = 0 \quad (i = 0, 1, 2, \ldots, p-2),$$

et posons

$$\varepsilon_m^{(h)} = \alpha_{m+1}^{(h)} - \alpha_m^{(h)},$$

de sorte que les $\varepsilon_m^{(h)}$ pourront être considérés comme donnés par les équations

$$(5)\quad \begin{cases} \varepsilon_m^{(1)} a_{m+p-1} + \ldots + \varepsilon_m^{(p-1)} a_{m+1} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 0, \\ \varepsilon_m^{(1)} a_{m+2p-4} + \ldots + \varepsilon_m^{(p-1)} a_{m+p-2} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = 0, \\ \varepsilon_m^{(1)} a_{m+2p-3} + \ldots + \varepsilon_m^{(p-1)} a_{m+p-1} + a_{m+2p-2} + \alpha_m^{(1)} a_{m+2p-3} + \alpha_m^{(p-1)} a_{m+p-1} = 0. \end{cases}$$

Des équations (4) et (5) on tire

$$(6)\qquad \varepsilon_m^{(h)} = -\frac{\Delta_{m,p}\Delta_{m+1,p-2}^{(h)}}{\Delta_{m+1,p-1}\Delta_{m,p-1}},$$

$\Delta_{m+1,p-2}^{(h)}$ désignant un déterminant d'ordre $p-2$.

» On voit alors que $\sqrt[m]{|\varepsilon_m^{(h)}|}$ a une limite supérieure moindre que l'unité, La série $\Sigma\,\varepsilon_m^{(h)}$ est donc convergente, et $\alpha_m^{(h)}$ a une limite $\alpha^{(h)}$. La théorie élémentaire des séries permet même d'ajouter que la différence $\alpha^{(h)} - \alpha_m^{(h)}$ est moindre que $\left(\frac{\rho}{\rho_1} + \varepsilon\right)^m$ (ε infiniment petit). En substituant dans l'égalité (2), on voit que $\sqrt[m]{|a'_m|}$ a une limite supérieure au plus égale à $\frac{1}{\rho_1}$.

» L'égalité est seule admissible, à cause du raisonnement inverse donné plus haut. De plus, d'après nos hypothèses, la valeur choisie de p est la première qui satisfasse aux conditions précédentes. On en conclut que la fonction admet sur le cercle de convergence $p-1$ pôles (chaque pôle étant compté avec son degré de multiplicité).

» Si l'on considère les valeurs de p supérieures à celle que nous venons d'étudier, on établit encore les propositions suivantes :

» Soit g_p la limite supérieure de $\sqrt[m]{|\Delta_{m,p}|}$ pour m infini. Le rapport $\frac{g_p}{g_{p+1}}$ ne va jamais en diminuant. Si, pour une certaine valeur de p, ce rapport prend une valeur ρ_i supérieure à celle qui la précède, la fonction n'a que des pôles au nombre de p à l'intérieur du cercle de rayon ρ_i. D'après cela, la condition pour que la fonction n'admette dans tout le plan d'autres singularités que des pôles est que $\frac{g_{p+1}}{g_p}$ tende vers 0.

» Si l'on applique la formule (1) à l'inverse d'un polynôme entier, on a la règle de Bernoulli pour le calcul de sa plus petite racine. Nous pouvons compléter cette règle : la racine située sur le cercle ρ_i, si elle est seule de son module, sera la limite de $\frac{\Delta_{m-1,p+1}}{\Delta_{m,p+1}} : \frac{\Delta_{m-1,p}}{\Delta_{m,p}}$. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les termes complémentaires de la formule sommatoire d'Euler et de celle de Stirling.* Note de M. N. **Sonin**, présentée par M. Hermite.

« Dans la formule d'Euler ($b = a + mh$),

$$h\sum_{0}^{m-1} f(a+kh)$$
$$= \int_a^b f(u)\,du - \tfrac{1}{2}h[f(b)-f(a)] + \frac{B_1 h^2}{2!}[f'(b)-f'(a)] + \ldots$$
$$+ (-1)^n \frac{B_{2n-3}h^{2n-2}}{(2n-2)!}[f^{2n-3}(b) - f^{2n-3}(a)] + R_n,$$

le reste R_n peut être représenté par l'intégrale

$$R_n = -\frac{h^{2n+1}}{(2n)!}\int_0^{\frac{1}{2}} S_{2n}(t)\,\varphi_{2n}(t)\,dt,$$

où l'on a admis

$$S_{2n}(t) = \sum_{0}^{m-1}[f^{2n}(a+kh+ht) + f^{2n}(a+kh+h-ht)],$$

et $\varphi_{2n}(t)$ désigne le polynôme de Bernoulli qui conserve le signe de $(-1)^n$ et *croît* numériquement en même temps que t croît de 0 jusqu'à $\frac{1}{2}$.

» Supposons que $S_{2n}(t)$ conserve le signe $\alpha = \pm$ et *décroisse* numériquement lorsque t croît de 0 à $\frac{1}{2}$. Dans l'expression

$$-\alpha(-1)^n R_n = \frac{h^{2n+1}}{(2n)!}\int_0^{\frac{1}{2}} \alpha S_{2n}(t).(-1)^n\varphi_{2n}(t)\,dt,$$

nous aurons sous l'intégrale le produit d'une fonction *positive décroissante* $\alpha S_{2n}(t)$ par la fonction *positive croissante* $(-1)^n\varphi_{2n}(t)$; par conséquent, l'intégrale dont il s'agit aura une valeur qui sera évidemment *plus grande* que celle de l'intégrale

$$\int_0^{\frac{1}{2}} \alpha S_{2n}(\tfrac{1}{2}).(-1)^n\varphi_{2n}(t)\,dt,$$

et en même temps, en vertu d'un théorème connu de M. Tchebychef, elle sera *moindre* que celle de l'expression

$$\int_0^{\frac{1}{2}} \alpha S_{2n}(t)\,dt \cdot \int_0^{\frac{1}{2}} (-1)^n \varphi_{2n}(t)\,dt : \tfrac{1}{2},$$

où le premier facteur est égal à $\frac{\alpha}{h}[f^{2n-1}(b) - f^{2n-1}(a)]$, tandis que l'autre a pour valeur $\frac{1}{2}B_{2n-1}$. On obtient ainsi

$$\begin{aligned}\frac{B_{2n-1}h^{2n+1}}{(2n)!}&\sum_{k=0}^{m-1}\alpha f^{2n}(a+\tfrac{1}{2}h+kh)\\ &< -\alpha(-1)^n R_n < \frac{B_{2n-1}h^{2n}}{(2n)!}\alpha[f^{2n-1}(b) - f^{2n-1}(a)],\end{aligned}$$

à la seule condition que $S_{2n}(t)$ *conserve toujours le même signe et décroisse numériquement lorsque t croît de* o *à* $\frac{1}{2}$.

» Si l'on admet que

$$\alpha f^{2n}(a+\tfrac{1}{2}h+kh) > \int_0^1 \alpha f^{2n}(a+\tfrac{1}{2}h+kh+ht)\,dt,$$

comme cela a lieu, par exemple, lorsque $\alpha f^{2n}(a+\frac{1}{2}h+z)$ est une fonction positive décroissante pour $o < z < b-a$, nous aurons

$$\begin{aligned}&\sum_{k=0}^{m-1}\alpha f^{2n}(a+\tfrac{1}{2}h+kh)\\ &\quad > \int_0^m \alpha f^{2n}(a+\tfrac{1}{2}h+ht)\,dt = \frac{\alpha}{h}[f^{2n-1}(b+\tfrac{1}{2}h) - f^{2n-1}(a+\tfrac{1}{2}h)]\end{aligned}$$

et, à plus forte raison,

$$-\alpha(-1)^n R_n > \frac{B_{2n-1}h^{2n}}{(2n)!}\alpha[f^{2n-1}(b+\tfrac{1}{2}h) - f^{2n-1}(a+\tfrac{1}{2}h)],$$

où l'on peut remplacer $f^{2n-1}(b+\frac{1}{2}h)$ par $f^{2n-1}(b)$. En ce cas, nous pouvons écrire

$$R_n = -(-1)^n\frac{B_{2n-1}h^{2n}}{(2n)!}[f^{2n-1}(b+\theta h) - f^{2n-1}(a+\theta h)], \qquad o < \theta < \tfrac{1}{2}.$$

» Cette expression du reste remplace celle de Jacobi avec grand avantage,

aussi bien au point de vue de la méthode que nous avons suivie comme à celui des applications pratiques.

» Pour le développement de $\log\Gamma(1+x)$, on peut trouver

$$\begin{aligned}
&\log\Gamma(1+x)\\
&\quad = \tfrac{1}{2}\log 2\pi + (x+\tfrac{1}{2})\log x - x + \frac{B_1}{1.2}x^{-1} - \frac{B_3}{3.4}x^{-3} + \ldots\\
&\qquad + (-1)^n\frac{B_{2n-3}}{(2n-3)(2n-2)}x^{-2n+3} - (-1)^n\frac{B_{2n-1}}{(2n-1)2n}(x+\theta)^{-2n+1}
\end{aligned}$$

et, en particulier,

$$\Gamma(1+x) = \sqrt{2\pi}\,x^{x+\frac{1}{2}}e^{-x+\frac{(x+\theta)^{-1}}{12}}, \qquad 0<\theta<\tfrac{1}{2}.$$

» Cette formule doit désormais remplacer celle que l'on emploie ordinairement

$$\Gamma(1+x) = \sqrt{2\pi}\,x^{x+\frac{1}{2}}e^{-x+\frac{\theta}{12x}}, \qquad 0<\theta<1.$$

» Il est à remarquer que pour la plupart des applications suffit la formule

$$\Gamma(1+x) = \sqrt{2\pi}(x+\theta)^{x+\frac{1}{2}}e^{-x-\theta}, \qquad 0<\theta<\tfrac{1}{2},$$

équivalente aux inégalités

$$\sqrt{2\pi}\,x^{x+\frac{1}{2}}e^{-x} < \Gamma(1+x) < \sqrt{2\pi}(x+\tfrac{1}{2})^{x+\frac{1}{2}}e^{-x-\frac{1}{2}},$$

qui donnent déjà pour $x=1$

$$\tfrac{4}{27}e^3 < \pi < \tfrac{1}{2}e^2,$$

c'est-à-dire

$$2,9756\ldots < \pi < 3,6945\ldots \text{ ».}$$

PHYSIQUE. — *Détermination directe (c'est-à-dire sans faire usage d'aucune formule) de la compressibilité du verre du cristal et des métaux, jusqu'à* 2000^{atm}. Note de M. **E.-H. Amagat.**

« Les résultats que j'ai donnés dans mes dernières Notes étaient relatifs à des pressions peu considérables; il m'importait, pour la correction des résultats apparents que j'ai obtenus avec les liquides et les gaz, de savoir si, sous de très fortes pressions, la compressibilité du verre subit une diminution notable.

» Dans ces conditions, la méthode qui m'avait précédemment servi n'était évidemment plus applicable. Celle à laquelle je me suis arrêté est très simple en principe; expérimentalement, elle présente d'assez grandes difficultés; il y a fort longtemps que j'avais songé à l'employer et j'avais déjà fait quelques essais préliminaires lorsque j'ai appris qu'en Angleterre M. Buchanan, puis M. Tait, l'avaient suivie dans leurs recherches. Voici en quoi elle consiste :

» Un tube de la substance à étudier est comprimé de toutes parts par l'intermédiaire d'un liquide (eau) dans lequel il est plongé; il se raccourcit; on mesure ce raccourcissement; en le multipliant par 3, on a la diminution de volume et par suite la compressibilité cubique.

» Dans les expériences de M. Tait et de M. Buchanan, le tube est comprimé dans un cylindre métallique dont les extrémités sont prolongées par des cylindres de verre, le raccourcissement est observé directement à travers les cylindres de verre au moyen de deux microscopes fixes. Ces expériences ne peuvent évidemment être poursuivies que dans les limites assez restreintes des pressions auxquelles peuvent résister les cylindres de verre comprimés par l'intérieur; pour le but que je me proposais, j'ai dû chercher une disposition expérimentale appropriée aux pressions que je voulais atteindre et, par suite, totalement différente.

» Dans mon appareil, le tube étudié est placé dans un cylindre d'acier fermé à ses deux bouts par des boulons d'acier; il a 1^m de longueur; il est maintenu buté par un de ses bouts contre l'un des boulons au moyen d'un ressort qui, en même temps, applique fortement un petit disque d'acier contre la section droite de l'autre extrémité, sur laquelle il a été rodé.

» En face de ce disque, débouche à travers le boulon correspondant, dans l'axe du cylindre, un petit piston d'acier terminé en pointe arrondie, rendu étanche au moyen d'une chambre à mélasse (comme dans mon manomètre à pistons libres), et mû par une vis concentrique dont l'écrou est solidaire du boulon; quand la pointe du piston vient toucher le disque d'acier, elle ferme un circuit électrique et l'on est immédiatement averti du contact par un galvanomètre.

» Quand on comprime l'eau dans le cylindre d'acier (par un ajutage latéral), celui-ci s'allonge et le tube se raccourcit; en rétablissant le contact par le jeu de la vis, on peut suivre le déplacement de cette extrémité du tube dont l'autre recule avec la face du boulon contre laquelle il bute.

» Ces deux déplacements sont observés simultanément, le premier sur l'extrémité du petit piston émergeant à l'extérieur, au moyen d'une vis

micrométrique, le second au moyen d'un microscope et grâce à une disposition spéciale du boulon correspondant. Le microscope et l'écrou de la vis micrométrique sont fixés solidairement aux deux extrémités d'une forte barre d'acier, de sorte que la différence des deux déplacements observés donne le raccourcissement du tube comprimé indépendamment de l'allongement et de tout déplacement du cylindre d'acier.

» Ce dernier cylindre est, du reste, placé dans une cuve remplie d'eau, de manière à opérer à température bien constante.

» La partie comprimée du petit piston donne lieu à une petite correction qu'on peut toujours calculer avec une exactitude suffisante.

» Les expériences ont été poussées régulièrement jusqu'à 2000^{atm}. Le Tableau qui suit donne les moyennes des résultats obtenus avec le cristal, et trois séries sur le verre faites dans de bonnes conditions, afin de montrer le degré de concordance auquel on peut arriver; ces derniers résultats sont eux-mêmes calculés avec la moyenne des observations faites d'abord en comprimant, puis en décomprimant pour revenir à la pression normale. La température moyenne a été voisine de 12°.

	Verre.					Cristal.
Limites des pressions en atmosphères.	Raccourcissement par atmosphère d'un tube de 1^m en millièmes de millimètre. 1				Coefficient de compressibilité cubique.	Coefficient de compressibilité cubique.
	1re série.	2e série.	3e série.	Moy.		
Entre 1^{atm} et 500^{atm}.	0,747	0,752	0,751	0,750	0,000002250	0,000002454
» 1000	0,743	0,751	0,746	0,746	0,000002248	0,000002424
» 1500	0,743	0,748	0,745	0,745	0,000002235	0,000002415
» 2000	0,741	0,748	0,743	0,743	0,000002229	0,000002406

» On voit que la diminution du coefficient de compressibilité est à peine sensible : elle ne se montre nettement que dans les moyennes; elle est à peu près de l'ordre de grandeur des erreurs dont on ne peut guère répondre ; cependant elle existe vraisemblablement ; je l'ai, du reste, retrouvée plus ou moins régulièrement dans toutes les moyennes de séries.

» Les tubes de verre et de cristal qui ont servi à ces expériences sont précisément ceux qui ont également servi aux recherches qui ont fait l'objet de ma dernière Note et qui avaient donné pour coefficients de compressibilité :

Verre 0,000002197
Cristal.............................. 0,000002405

» Si l'on tient compte de la différence complète des deux méthodes et de la difficulté de ces recherches, on trouvera l'accord aussi satisfaisant qu'il était permis de l'espérer ; j'ai obtenu une concordance analogue en appliquant les mêmes méthodes à des tubes métalliques.

» Cet accord, entre des résultats auxquels a conduit l'emploi des formules générales de l'élasticité (dont j'ai, du reste, déjà donné un genre particulier de vérification) et ceux auxquels je viens d'arriver sans faire usage d'aucune formule peut être regardé comme une nouvelle et plus complète vérification de l'exactitude de ces mêmes formules. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la différence de potentiel des métaux en contact.* Note de M. A. Potier, présentée par M. Mascart.

« L'origine de la différence de potentiel, ou plus exactement des charges électriques que l'on observe lorsqu'on réunit, par un circuit métallique, deux plateaux formés de métaux différents, a été l'objet de longs débats : les uns, fidèles aux idées de Volta, y voient la preuve de l'existence d'une force électromotrice au contact des métaux entre eux ; les autres, se fondant sur la petitesse des masses qu'il suffirait d'oxyder pour produire les dégagements observés d'électricité, attribuent le phénomène à des actions chimiques. Dans une Note récente, j'ai montré que l'accroissement de charge qui accompagne le rapprochement des plateaux du condensateur ainsi formé entraîne une diminution de l'énergie du système matériel ; et que le travail mécanique produit n'est que pour une très petite fraction (négligeable dans une première approximation) emprunté sous forme de chaleur au milieu ambiant ; cela résulte de ce que la différence de potentiel observée est sensiblement indépendante de la température. Or il est évident que le rapprochement des plateaux n'a d'autre effet que de modifier les charges sur les surfaces en regard ; rien n'est modifié à l'intérieur des métaux, ni à leur surface de jonction. L'énergie de ces surfaces dépend donc de la densité de la couche électrique qui les couvre et est modifiée quand une quantité déterminée d'électricité passe d'un plateau à l'autre. La théorie chimique conduit bien au même résultat, mais il est impossible de préciser la nature des actions chimiques qui pourraient se reproduire indéfiniment en changeant de sens, chaque fois que l'on éloigne ou rapproche la surface des plateaux ; ces actions offrent, au contraire, la plus grande analogie avec les phénomènes qui ont lieu à la surface des électrodes

métalliques plongées dans un liquide, et entre lesquelles existe une force électromotrice insuffisante pour déterminer la réaction électrolytique.

» *Expression de la différence apparente de potentiel au contact.* — On désignera par M, M_1 les énergies par unité de surface de deux métaux, et on les considérera comme des fonctions des densités électriques ε, ε_1 à la surface de ces métaux. Lorsqu'un circuit métallique réunit les deux métaux et que l'on néglige, vu leur petitesse, les effets thermiques, l'équilibre électrique aura lieu, si l'énergie perdue par le système pendant le passage de l'unité d'électricité d'un plateau à l'autre est égale au travail des forces électromotrices, quelle que soit leur origine, c'est-à-dire à la différence de potentiel observée; si V est l'excès apparent du potentiel de métal M sur celui du métal M_1, on a donc

$$V = \frac{d}{d\varepsilon}(M_1 - M).$$

Cette valeur de V est, dans les circonstances ordinaires, indépendante des charges absolues; on peut donc considérer les variations de M et de M_1 comme proportionnelles à celles des densités.

» Lorsque les deux métaux, réunis par un circuit conducteur comprenant une force électromotrice E, sont plongés dans un liquide dont l'énergie superficielle est $L(\varepsilon)$ par unité de surface, la condition d'équilibre électrique est

$$E = \frac{d}{d\varepsilon_1}[M_1 - L(\varepsilon_1)] + \frac{d}{d\varepsilon}[L(\varepsilon) - M],$$

qui, jointe à la condition que les charges totales du liquide au voisinage des électrodes soient égales et de signe contraire, détermine les densités ε, ε_1 sur chacune d'elles. Mais, si l'on considère un petit volume comprenant à la fois du métal M_1 et du liquide L, et découpant sur la surface de contact une aire égale à l'unité, son énergie aura varié de

$$\frac{d}{d\varepsilon_1}[M_1 - L_1(\varepsilon_1)] = P_1$$

pendant le passage de l'unité d'électricité. En l'absence de tout phénomène thermique, P_1 est donc le travail de la force électromotrice, dont cette surface est le siège, par unité d'électricité ou cette force elle-même.

» On en conclut que, si les deux métaux ont des charges électriques égales, la force électromotrice E devra être égale à la différence de potentiel observée dans l'air (vérifié par M. Pellat pour $\varepsilon = 0$).

» *Relation avec les phénomènes électrocapillaires.* — Les recherches de M. Lippmann [1] ont fait connaître comment la tension superficielle du mercure variait avec la force électromotrice. M. Lippmann a démontré de plus la relation $dA + \varepsilon dP = 0$, où A est la tension superficielle, qui est comme P fonction de ε; on peut donc déduire également de ces expériences la relation entre dP et $d\varepsilon$, c'est-à-dire que, pour l'eau acidulée, P est connu à une constante près en fonction de ε. De plus, il a été établi, pour le mercure par M. Lippmann et pour le platine par M. Blondlot [2], que la forme de la fonction $\frac{\partial P}{\partial \varepsilon}$ est la même pour toutes les dissolutions aqueuses; si donc on déduit des expériences de M. Lippmann la valeur de $P = f(\varepsilon)$, pour un liquide quelconque et un métal quelconque, la force électromotrice sera représentée par $m - l + f(\varepsilon)$, m et l étant deux constantes spécifiques, et l'état normal correspondant à une force électromotrice nulle. Cette formule renferme tous les faits connus jusqu'ici.

» *Effet Peltier et phénomènes thermo-électriques.* — Lorsque l'on veut tenir compte des phénomènes thermiques, ces lois peuvent ne plus être rigoureusement exactes. L'expérience montre que la tension superficielle, et par suite P, est variable avec la température; il en est donc de même de M, L, ... Il résulte alors des principes de la Thermodynamique que le passage de l'unité d'électricité d'un plateau à l'autre est accompagné d'absorption de chaleur, prise au milieu ambiant, si l'on opère à température constante; la différence V des potentiels n'est plus égale à $m_1 - m$, mais à la somme de cette quantité et de la chaleur absorbée, dont l'équivalent mécanique est $T \frac{\partial V}{\partial t}$, tant qu'il s'agit de phénomènes réversibles, et il conviendrait de modifier de même les autres équations ci-dessus. Cette chaleur absorbée comprend l'effet Peltier, véritable mesure de la force électromotrice au contact des deux métaux. Mais les phénomènes thermo-électriques ont si peu d'importance que les conclusions pratiques n'en seraient pas altérées; il suffit d'indiquer qu'ils ne constituent pas une objection, mais sont une conséquence nécessaire de la théorie proposée, et

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 1875.

(2) *Thèse* et *Journal de Physique*, t. X.

dans laquelle le véritable siège de la force électromotrice se trouve non au contact des métaux, mais à leur surface seulement, puisque là seulement ont lieu des modifications pendant la charge et la décharge. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les phénomènes actino-électriques.* Note de M. J. Borgman, présentée par M. G. Lippmann.

« En répétant les expériences de Hallwachs sur l'influence de la lumière électrique sur la variation du potentiel négatif d'un disque de zinc, situé dans l'air, j'ai remarqué que la variation du potentiel n'est pas uniforme. Au contraire, la perte de l'électricité négative est plus lente au commencement de l'illumination et augmente ensuite. J'ai remarqué aussi qu'après la fin de l'éclairage la variation du potentiel se produit encore quelque temps, c'est-à-dire qu'il arrive une sorte d'action consécutive; en un mot, il semble que dans ce phénomène la durée de l'illumination du conducteur chargé ne reste pas sans influence ([1]).

» La même question sur l'influence de la durée de l'illumination peut être posée aussi à propos des phénomènes actino-électriques qui ont été constatés et si minutieusement discutés par MM. Stoletow, Righi, Bichat, Blondlot, Wiedemann et Ebert.

» Les expériences de ces savants ont montré que, les rayons ultra-violets tombant sur une lame métallique réunie avec le pôle négatif d'une pile galvanique, le pôle positif étant réuni avec un réseau métallique placé parallèlement à la lame et séparé d'elle par une couche d'air (les rayons lumineux passent par ce réseau), un courant s'établit dans le circuit; ce courant disparait lorsque l'illumination de la lame cesse ou lorsqu'on place sur le chemin des rayons quelque milieu absorbant les rayons ultra-violets.

» Le courant s'établit-il au moment même où les rayons lumineux tombent sur l'électrode négative dans l'air, et disparaît-il au moment où s'arrête l'éclairage de cette électrode, ou ne doit-il pas passer un certain laps de temps avant que le phénomène puisse se produire et ne remarque-t-on pas encore l'existence du courant après la fin de l'illumination?

» En général, quelle est l'influence de la durée de l'éclairage sur ce phénomène?

([1]) *Phil. Mag.*, vol. XXVI, p. 272.

» L'expérience m'a montré que la durée de l'illumination a une influence sur les phénomènes actino-électriques.

» La méthode dont je me servais est fondée sur les considérations suivantes. Si l'apparition et la disparition du courant dans un circuit contenant deux lames métalliques, dont une est munie d'ouvertures pour le passage de la lumière et l'autre pleine, la première communiquant avec le pôle positif et la seconde avec le pôle négatif de la pile, se produisent momentanément ou du moins très vite après le commencement et la fin de l'illumination de la lame (comme on l'observe relativement à l'influence de la lumière sur la conductibilité du sélénium), alors, en remplaçant dans le circuit le galvanomètre par le téléphone et plaçant devant l'arc voltaïque un disque opaque avec des ouvertures en forme de secteurs et produisant une rotation rapide de ce disque, on devrait avoir dans le téléphone un son dont la hauteur correspondrait au nombre des interruptions de la lumière. Si, au contraire, l'apparition du courant ainsi que sa disparition ne se produisent pas instantanément, si le courant augmente continuellement jusqu'à une valeur limite avec la durée de l'éclairage et diminue continuellement après la fin de l'illumination, la production du son dans le téléphone ne pourrait avoir lieu.

» *Les expériences que j'ai faites ont montré que des deux circonstances mentionnées c'est justement la dernière qui a lieu.*

» La pile, dans mes expériences, consistait en 120 éléments Zn-eau-Cu. La lame pleine, réunie avec le Zn de la pile, était l'une des lames du condensateur de Kohlrausch (en cuivre doré), l'autre étant remplacée par un disque de zinc, avec des ouvertures à peu près de 1^{cm} de diamètre distribuées le plus étroitement possible. L'arc voltaïque se produisait entre deux charbons (11^{mm} de diamètre) à âme d'aluminium au moyen d'un courant du shunt-dynamo de Siemens. Un disque en carton avec huit ouvertures sectoriales recevait un mouvement de rotation par un petit moteur électromagnétique de Breguet. Deux téléphones placés dans le circuit étaient du système de Goloubitzky ou du système de Bell.

» *Pendant la rotation du disque avec des vitesses différentes, le son ne se produisait pas dans les téléphones.*

» Les téléphones devaient néanmoins recevoir le courant qui s'établissait dans le circuit, à cause de l'illumination de la lame *et réellement on entendait un coup assez aigu dans les téléphones des deux systèmes au moment de la fermeture du circuit* quand l'illumination de la lame négative se faisait

sans interruption; de même on entendait un son, quoique plus faible, mais néanmoins tout à fait appréciable, dans le cas où le circuit se fermait sous une illumination interrompue.

» Dans une contre-épreuve, j'ai constaté que l'on n'entendait aucun son quand la lame n'était point éclairée ou quand on plaçait devant l'arc voltaïque une lame mince de mica. »

TÉLÉPHONIE. — *Sur l'intensité des effets téléphoniques.* Note de M. E. Mercadier.

« En poursuivant les recherches déjà faites et publiées sur la théorie du téléphone (voir *Comptes rendus*, 1885 et 1887), j'ai été conduit naturellement à l'étude des causes qui font varier l'*intensité* des effets téléphoniques.

» Ces causes sont nombreuses : l'intensité du champ magnétique du noyau aimanté; la résistance ou plutôt la longueur du fil de la bobine qui entoure les pôles du noyau; le nombre et la forme de ces pôles; l'épaisseur du diaphragme.... De là la multitude de formes données aux téléphones. Mais, bien que ces formes diffèrent quelquefois beaucoup les unes des autres, les résultats obtenus au point de vue de l'intensité des effets diffèrent peu, preuve de la complexité du problème.

» J'ai commencé par étudier séparément l'influence de l'*épaisseur* du diaphragme pour un téléphone de forme bien déterminée, et pour une même variation du champ magnétique.

» A cet effet, j'ai pris un téléphone de M. d'Arsonval, où la membrane était serrée dans une monture en ébonite pour l'isoler complètement de la masse de l'appareil. Pour éviter autant que possible des renforcements dus à des harmoniques du son fondamental de la membrane encastrée, je lui ai fait reproduire, non pas un son musical, mais un bruit sec provenant d'un métronome fixé à la planchette d'un microphone, et dont le ressort était constamment maintenu à la même tension. Le fil primaire de la bobine d'induction du microphone était relié aux pôles d'une pile par l'intermédiaire d'un ampère-mètre donnant les millièmes d'ampère, et le courant était maintenu à une valeur constante.

» Le téléphone reproduit ainsi le bruit du métronome placé dans une salle éloignée d'où il est impossible de l'entendre. Il en résulte des ondes

aériennes ayant pour origine une très petite ouverture pratiquée au couvercle du téléphone, de sorte qu'on peut les considérer comme sensiblement sphériques. On les recueille dans l'oreille placée contre un support fixe, pendant que le téléphone peut être éloigné progressivement, car il est fixé à un support susceptible de glisser le long d'une règle graduée.

» Dans toutes les expériences, on éloigne ainsi le téléphone de l'oreille à une distance telle que l'intensité du bruit reçu par elle soit nul. On opère dans un grand silence; on détermine la distance en question par éloignement progressif du téléphone, puis, une seconde fois, en dépassant la limite et rapprochant graduellement l'appareil : en prenant la moyenne des deux déterminations, qui sont, en général, assez peu différentes quand on s'est exercé quelque temps, on obtient des résultats satisfaisants.

» Dans ces conditions, on peut admettre que l'intensité du bruit produit dans deux expériences différentes est proportionnelle au carré des distances auxquelles ce bruit est nul.

» *Expériences avec des diaphragmes en fer.* — Elles ont porté sur dix-huit diaphragmes d'épaisseurs variables, depuis $0^{mm},148$ jusqu'à 2^{mm}.

» Les premiers essais faits avec un courant de 0,3 d'ampère ayant montré que le bruit du métronome reproduit par le téléphone était perçu par l'oreille à des distances trop grandes (10^m à 15^m) pour la facilité des expériences, j'ai dû réduire le courant à 0,15 d'ampère et introduire dans le circuit une résistance d'environ 17000 ohms. Dans ces conditions, les distances où l'intensité du bruit est nulle ont varié de 15^{cm} à 84^{cm}.

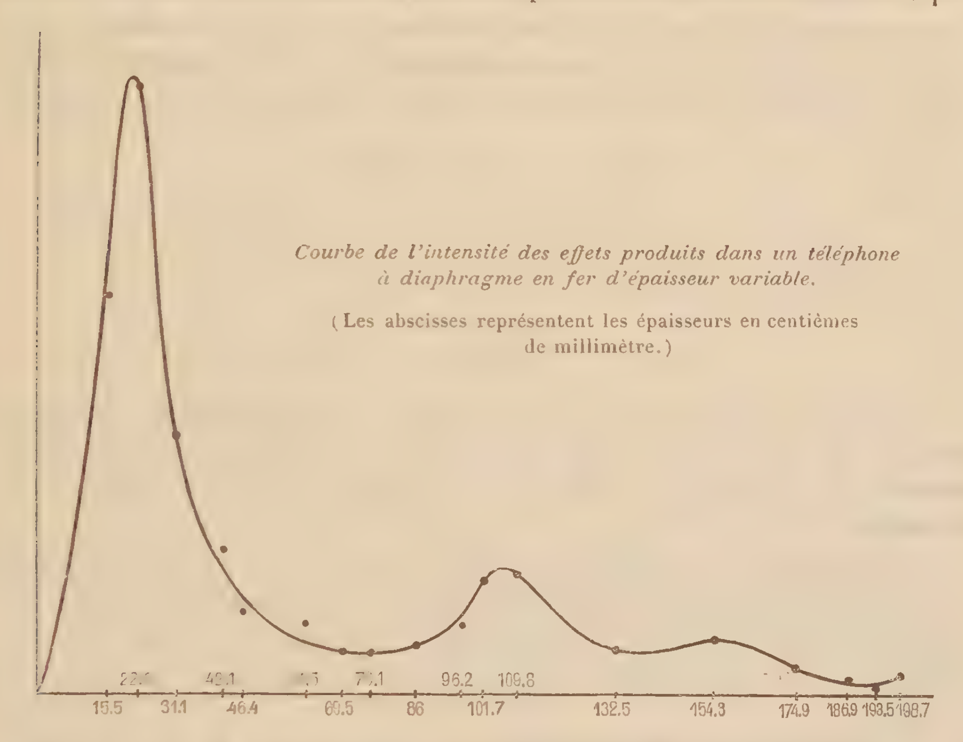
» La courbe ci-contre indique les résultats des expériences. Les abscisses y représentent les épaisseurs des diaphragmes en centièmes de millimètre mesurées très exactement : les ordonnées sont les carrés des distances auxquelles l'intensité est nulle, évaluées à $0^{cm},5$ près ; elles ont été divisées par 5 pour avoir une échelle convenable.

» On voit que l'intensité croît d'abord très rapidement, atteint un maximum correspondant à une épaisseur d'environ $0^{mm},20$, puis décroît rapidement en présentant encore deux maxima partiels ; cette forme ondulatoire curieuse est certaine ; elle a été constamment observée et j'y reviendrai prochainement.

» L'existence du premier et principal maximum s'explique par cette considération qu'il faut une certaine masse de fer et, par suite, une certaine épaisseur, pour absorber toutes les lignes de force du champ magnétique de l'aimant du téléphone. A partir de cette épaisseur, la masse de fer

qu'on ajoute doit être plutôt nuisible qu'utile au point de vue de l'intensité des effets produits par les variations du champ.

» Néanmoins, au point de vue de la reproduction, non plus d'un bruit, mais de la parole articulée, il était nécessaire de vérifier, à ce point de vue, les résultats mis en évidence par la forme de la courbe : cette vérification a été faite sur des téléphones dans lesquels la forme des aimants et, par



Courbe de l'intensité des effets produits dans un téléphone à diaphragme en fer d'épaisseur variable.

(Les abscisses représentent les épaisseurs en centièmes de millimètre.)

suite, la nature du champ magnétique étaient très différentes ; elle a été concluante : elle est d'ailleurs conforme à la pratique des bons constructeurs de téléphones et peut se formuler ainsi : *pour tout téléphone de champ magnétique donné, il y a une épaisseur de diaphragme en fer qui donne un maximum d'effet.*

» Dans une prochaine Communication, j'indiquerai les résultats obtenus avec des diaphragmes diamagnétiques. »

CHIMIE. — *Sur la vitesse de transformation de l'acide métaphosphorique.* Note de M. **Paul Sabatier.**

« J'ai indiqué antérieurement ([1]) la loi générale de la transformation des solutions aqueuses d'acide métaphosphorique vitreux, y étant la dose d'acide, x le temps; l'expérience montre que $\log y$ varie proportionnellement à x; graphiquement, il est représenté par une ligne droite. On peut donc poser

$$\log y = -x \log a + \log b,$$

d'où

$$y = ba^{-x}.$$

» On déduit pour la vitesse

$$\frac{dy}{dx} = -ba^{-x}\frac{\log a}{\log e} = -y\frac{\log a}{\log e}.$$

» Elle est à chaque instant proportionnelle à la dose de substance transformable qui se trouve dans la liqueur : loi élémentaire des actions du même ordre, énoncée en 1865 par M. Berthelot pour les réactions non réversibles.

» a dépend de la température et de la concentration. J'avais déjà fait connaître quelques valeurs approchées de $\log a$. De nouvelles expériences, qui ont fourni, du reste, une vérification parfaite de la loi énoncée, m'ont permis de déterminer avec beaucoup plus de précision la variation de $\log a$.

» I. *Influence de la concentration.* — A une même température, les liqueurs se transforment d'autant plus vite qu'elles sont plus concentrées.

» J'ai étudié des solutions renfermant, par litre, depuis $\frac{195}{1000}$ jusqu'à $\frac{2400}{1000}$ de molécule d'acide métaphosphorique PhO^3H, transformé ou non.

» Par exemple, à 0°, on trouve :

Millièmes de molécule par litre.	Valeur de $\log a$ ([2]).
195	0,00032
207	0,00034

([1]) *Comptes rendus*, t. CVI, p. 63.

([2]) J'avais antérieurement indiqué des valeurs en général un peu faibles.

Millièmes de molécule par litre.	Valeur de log a.
400	0,00045
540	0,00051
585	0,00057
620	0,00059
775	0,00069
980	0,00081
1170	0,00092
1700	0,00104
2400	0,00117

» Graphiquement, ces valeurs forment une courbe très allongée, qui diffère peu d'un système de deux droites qui se coupent vers $\frac{1170}{1000}$.

» On a des variations semblables pour les autres températures.

» Dans un intervalle restreint, *la valeur de* log$a$ *varie donc proportionnellement à la concentration*, c'est-à-dire au poids d'acide métaphosphorique (transformé ou non) qui est contenu dans 1^{lit} du liquide. On pourra poser entre certaines limites

$$\log a = mp + n,$$

p étant le nombre de millièmes de molécule d'acide par litre, m et n étant des coefficients qui dépendent de la température.

» Ainsi l'hydratation de l'acide métaphosphorique est d'autant plus lente qu'il y a plus d'eau pour l'effectuer. Il est donc impossible d'admettre que le phénomène se borne à la fixation d'eau. Au contraire, ce résultat ne surprend plus si l'on admet, comme Fleitmann et Henneberg l'ont déduit de l'étude chimique des métaphosphates, que l'acide métaphosphorique vitreux obtenu au rouge est un acide condensé, l'acide hexamétaphosphorique $(PhO^3H)^6$. Alors la transformation est surtout un phénomène de dédoublement, et celui-ci doit être d'autant plus lent à se produire que la masse active se trouve plus dispersée dans un dissolvant, l'hydratation ultérieure étant sans doute rapide.

» II. *Influence de la température.* — Nous avons déjà dit que la transformation, qui est lente à basse température, s'accélère beaucoup quand celle-ci s'élève. Voici un certain nombre de valeurs de log$a$, pour diverses liqueurs, à des températures comprises entre 0° et 80° (1) :

---

(1) Ces valeurs ont été trouvées directement ou calculées par interpolation à l'aide de résultats voisins. Le détail des mesures sera publié dans un Mémoire détaillé.

	Acide par litre.		
	$\frac{195}{1000}$.	$\frac{585}{1000}$.	$\frac{1170}{1000}$.
0°	0,00032	0,00057	0,00092
13,5	0,00170	0,0027	0,0043
19	0,0032	0,0058	0,0089
31,5	0,0126	0,0225	0,040
35	0,0177	0,035	0,057
42,5	0,042	0,080	0,131
61	0,25	0,40	0,61
70	»	0,79	»
80	»	2,06	»

» Pour une même concentration, $\log a$ croît très vite avec la température t. Mais on peut voir que $\log(\log a)$ varie à très peu près proportionnellement à t, au moins entre 0° et 35°.

» On pourra alors poser

$$\log(\log a) = t \log \mu + \log \lambda,$$

d'où

$$\log a = \lambda \mu^t.$$

» On trouve d'ailleurs que le coefficient μ est sensiblement le même pour toutes les concentrations inférieures à $\frac{1200}{1000}$ par litre, savoir

$$\mu = 1,125.$$

Au contraire, λ dépend de la proportion d'acide, et, d'après ce que l'on a vu plus haut, nous aurons pour ces mêmes concentrations

$$\lambda = \alpha p + \beta,$$

donc

$$\log a = \mu^t(\alpha p + \beta).$$

» Entre 0° et 35° à 40°, et pour des liqueurs ayant par litre de $\frac{195}{1000}$ à $\frac{1200}{1000}$ de PhO^3H total, nous aurons

$$\log a = 1,125^t(0,000\,000\,6p + 0,000\,22).$$

L'accord de cette formule avec l'expérience est très satisfaisant.

Température.	Concentration en millièmes.	$\log a$ calculé.	$\log a$ trouvé.
0°	207	0,00034	0,00034
0	400	0,00046	0,00045
0	540	0,00054	0,00051

Température.	Concentration en millièmes.	$\log a$ calculé.	$\log a$ trouvé.
13°,5	600	0,0028	0,0028
13,5	1170	0,0045	0,0043
14	620	0,0031	0,0035
19	195	0,0031	0,0032
31,5	600	0,023	0,023
35	540	0,034	0,034

» Entre 0° et 40°, mais pour des concentrations supérieures à $\frac{1100}{1000}$, on peut poser assez exactement

$$\log a = 1,125^t(0,000\,000\,2p + 0,00068).$$

» Au-dessus de 40°, la croissance est moins rapide; mais il est plus difficile d'exprimer la variation de $\log a$ par une formule simple. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la séparation du cobalt et du nickel après oxydation en liqueur ammoniacale.* Note de M. **Adolphe Carnot**, présentée par M. Friedel.

« Le problème de la séparation du cobalt et du nickel a été l'objet d'un très grand nombre de travaux. Parmi les méthodes proposées, je me bornerai à rappeler celles qui se fondent sur les différences de propriétés des sels des deux métaux, lorsqu'ils ont été soumis à une suroxydation en liqueur ammoniacale.

» La première en date a été donnée par M. Terreil ([1]). Après ébullition avec du permanganate de potasse en léger excès, la solution est acidifiée par l'acide chlorhydrique; par refroidissement, elle dépose du chlorure purpuréo-cobaltique peu soluble; mais une partie du cobalt échappe à la précipitation. Le procédé ne convient donc pas à l'analyse proprement dite, mais peut être utilisé pour la préparation de sels de cobalt complètement exempts de nickel.

» M. Delvaux ([2]) a proposé de peroxyder de même par le permanganate et de précipiter ensuite le nickel de la solution ammoniacale par la

([1]) *Comptes rendus*, t. LXII, p. 139; 1866.

([2]) *Comptes rendus*, t. XCII, p. 723; 1876.

potasse caustique; la majeure partie du cobalt reste en dissolution, mais une quantité importante se trouve dans le précipité, avec les oxydes de nickel et de manganèse; on ne peut pas la négliger, même après une deuxième opération semblable.

» M. Vortmann ([1]) prend pour agent d'oxydation l'hypochlorite de soude et chauffe la dissolution ammoniacale pendant quelques minutes pour transformer le sel de cobalt en sels purpuréo et lutéo-cobaltiques. Après refroidissement et addition d'eau pure, il précipite le protoxyde de nickel par la potasse en excès; le sel ammonio-cobaltique colore la liqueur en rouge, s'il y en a une quantité sensible, en jaune s'il n'y a que des traces de cobalt. Cette méthode fournit des indications très nettes pour les recherches qualitatives; elle n'a pas été, que je sache, utilisée pour les analyses quantitatives.

» J'ai étudié les effets produits par le *brome* et par l'*eau oxygénée* sur les sels de cobalt en présence des sels ammoniacaux et cherché si l'emploi de ces réactifs pouvait fournir un moyen de séparation effective des deux métaux.

» Pour employer le *brome*, il convient que la solution métallique soit froide et acide (ou qu'elle contienne du sel ammoniac); lorsqu'on la sursature par l'ammoniaque, il se fait un vif dégagement de bulles gazeuses et la dissolution devient aussitôt rose clair si elle ne renferme que du cobalt, violette si elle contient les deux métaux. C'est un sel roséo-cobaltique, qui s'est ainsi formé.

» L'*eau oxygénée* peut être ajoutée avant ou après sursaturation par l'ammoniaque; à froid, elle produit tout d'abord une coloration brune, qui, dans l'espace de quelques minutes, passe au rouge pourpre ou au rose, suivant qu'il y a plus ou moins de cobalt, au rose violacé si la proportion de nickel est importante. A chaud, la même transformation s'effectue en quelques instants. Mais c'est à froid qu'il faut observer la coloration; car, si la teinte bleue du nickel se maintient à chaud, celle du cobalt diminue beaucoup d'intensité et peut cesser d'être appréciable à l'œil. Ces différents faits constituent d'excellents caractères qualitatifs pour le cobalt.

» La solution ammoniacale peut être chauffée et maintenue quelque temps à 100°, sans cesser d'être limpide; mais, à la longue, elle tourne au rouge brun et se trouble. Le cobalt est à l'état de sel purpuréo-cobal-

([1]) *Monatshefte für Chemie*, t. IV, p. 1; 1883.

tique dans la liqueur pourpre ; il se transforme en sel lutéo-cobaltique par ébullition prolongée. La décomposition ultérieure donne lieu à un dépôt de sesquioxyde de cobalt ; mais ce dépôt n'arrive pas à être complet et il renferme du nickel ; on ne peut donc pas employer ce moyen pour séparer les deux métaux.

» L'addition de potasse caustique dans la liqueur froide détermine la précipitation complète du nickel à l'état de protoxyde, pourvu que la potasse soit en excès suffisant, dépendant de la quantité de sel ammoniac et de celle d'ammoniaque libre. Une solution pure de sel purpuréo-cobaltique ne donne aucun précipité dans les mêmes conditions.

» Dans un mélange des deux sels, il se produit un dépôt verdâtre, que l'on pourrait croire exclusivement formé de protoxyde de nickel; mais, lorsqu'on le reçoit sur un filtre, il est facile de reconnaître qu'il est d'un vert plus sombre, et si on le traite par de l'acide azotique très étendu, on voit qu'il laisse un résidu brun; la solution est d'ailleurs colorée en jaune rosé ou en brunâtre par un peu de sel cobaltique.

» Si l'on dissout entièrement le précipité et qu'on répète les mêmes opérations, on obtient une liqueur rose et un dépôt vert, qui renferme souvent encore une petite quantité de cobalt; une troisième opération semblable n'en laisse plus qu'une quantité insensible à la balance.

» On peut donc faire alors le dosage du nickel sur le précipité en le transformant en peroxyde ou en sulfure, afin de le purifier des alcalis; quant au cobalt, on l'obtient intégralement, soit en faisant bouillir la solution alcaline, qui abandonne un dépôt brun clair de sesquioxyde de cobalt, soit en y précipitant le sulfure noir par un courant d'hydrogène sulfuré ou par du sulfhydrate d'ammoniaque.

» J'ai vainement essayé d'obtenir du premier coup un précipité de nickel exempt de cobalt en faisant varier l'état de combinaison de ce dernier métal, tantôt en opérant à froid la peroxydation, tantôt en chauffant plus ou moins longtemps la liqueur ammoniacale avec de l'hypochlorite, du brome ou de l'eau oxygénée. C'est en ne laissant que peu d'instants à 100°, puis refroidissant, ajoutant beaucoup d'eau et ensuite versant la solution de potasse, que j'ai obtenu les meilleurs résultats. Mais, je le répète, ils n'ont jamais été pleinement satisfaisants dès la première précipitation. Il convient de faire toujours l'opération deux fois.

» La méthode peut cependant être recommandée, parce qu'elle a le grand avantage de montrer clairement aux yeux, par la coloration rose de

la liqueur, la présence du cobalt, aussi longtemps qu'il en reste des traces pondérables.

» Au cours de ces recherches, j'ai plusieurs fois remarqué qu'en dissolvant par l'acide chlorhydrique le précipité produit par la potasse, puis traitant la liqueur par l'eau oxygénée et l'ammoniaque, il restait un léger précipité brun, qui, soumis au même traitement, passait au rose. Il semblait présenter quelques réactions nouvelles, et je crus avoir affaire au métal nouveau, dont MM. Krüss et Schmidt ont récemment annoncé la découverte ([1]); mais un examen plus attentif m'a montré que le précipité était constitué par de l'alumine avec de petites quantités de fer, de cobalt et de nickel. »

CHIMIE. — *Sur la solubilité des sels.* Note de M. **H.-W. Bakhuis Roozeboom**, présentée par M. Friedel.

« M. Le Chatelier ayant présenté ([2]) quelques remarques critiques au sujet d'un travail que j'ai récemment publié sur les conditions d'équilibre entre les combinaisons solides et liquides de l'eau avec les sels, particulièrement avec le chlorure de calcium, je désire y répondre.

» D'abord, je ferai remarquer que je connaissais les dernières publications de ce savant. A propos d'une comparaison que j'ai établie entre la formule donnée par l'auteur pour la solubilité, en 1885, et une nouvelle formule, due à M. van der Waals, que je proposais comme plus rigoureuse, j'ai fait mention ([3]) des deux occasions dans lesquelles l'auteur est revenu sur les fondements de sa formule.

» Je regrette de ne pouvoir laisser ici nos formules hors de discussion; mais l'opinion divergente que M. Le Chatelier émet sur la signification des deux branches de la courbe de solubilité, que j'ai trouvées pour le $CaCl^2, 6H^2O$ ([4]), résulte de la différence même entre ces formules.

» La formule de M. Le Chatelier se trouve dans mon Mémoire (p. 120)

([1]) *Deutsche chemische Gesellschaft*, t. XXII, p. 11; 1889.

([2]) *Comptes rendus*, t. CVIII, p. 565; 18 mars 1889.

([3]) Page 125 de mon Mémoire, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, t. I; 1889.

([4]) Auparavant, j'avais trouvé déjà de telles branches dans l'étude de $HBr, 2H^2O$ et $AzH^4Br, 3AzH^3$.

sous la forme

(1) $$\frac{dlS}{dt} = \frac{1}{x} \times \frac{Q_b^x}{2T^2}.$$

» En considérant les courbes de solubilité de $CaCl^2, 6H^2O$, S est le nombre des parties de $CaCl^2$ pour 100 parties d'eau contenues dans la dissolution saturée; x le coefficient d'abaissement de tension; Q_b^x la chaleur de dissolution d'une molécule $CaCl^2, 6H^2O$ dans $(x-b)$ molécules d'eau, la dissolution saturée renfermant $x H^2O$ pour $1 CaCl^2$.

» Dans le diagramme où j'ai représenté les deux concentrations possibles pour les dissolutions en équilibre avec $CaCl^2, 6H^2O$ au-dessous du point de fusion de cet hydrate, j'ai fait rencontrer les deux branches de la courbe en ce point, de sorte qu'elles y ont une tangente verticale.

» M. Le Chatelier regarde ce fait comme en désaccord avec la formule. J'en conviens. Une tangente verticale exigerait $\frac{dS}{dt} = \infty$, ce qu'on ne peut déduire de la formule (1) qu'en supposant la chaleur de dissolution infinie, ce qui est absurde. Une même conclusion pouvait être tirée de la formule un peu différente que l'auteur a développée plus tard ([1]).

» Je m'étonne cependant de la voir tirer d'une formule que l'auteur lui-même reconnaît être approximative ([2]) et n'avoir de valeur un peu exacte que pour les dissolutions peu concentrées. Or, dans le cas présent, il s'agit de concentrations très fortes.

» Au contraire, la formule rigoureuse, dont j'ai indiqué l'accord numérique avec les expériences, *exige* une tangente verticale à la courbe au point de fusion.

» Elle s'écrit

(2) $$\frac{dS}{dt} = \left(\frac{dS}{dlp}\right)_T \times \frac{Q_b^{\infty x}}{2T^2(x-b)},$$

dans laquelle p égale la tension de la dissolution saturée, et $Q_6^{\infty x}$ la chaleur de dissolution d'une molécule $CaCl^2, 6H^2O$ dans une quantité infinie de la dissolution saturée. Au point de fusion, on a $x = b$. Le dénominateur du second membre devient égal à zéro, et ainsi l'on obtient $\frac{dS}{dt} = \infty$.

» *La tangente verticale est donc une conséquence nécessaire de la formule rigoureuse.*

([1]) *Recherches sur les équilibres chimiques*, p. 138.

([2]) *Loc. cit.*, p. 50, 139, 140.

» Quant à la représentation graphique des valeurs observées, dans le diagramme que j'avais publié, les deux branches pour les températures au-dessous du point de fusion formaient nettement une courbe *continue*, sans aucune tentative de ma part pour corriger les résultats. Aussi, je ne la reconnais pas dans la courbe que M. Le Chatelier affirme avoir reproduite sur une échelle vingt fois plus grande.

» En outre, une telle échelle ne correspond aucunement au degré d'exactitude des observations, et il va sans dire que la courbure au point de fusion deviendra beaucoup moins nette, si l'on agrandit outre mesure l'échelle des températures.

» Je veux même aller plus loin, en prétendant que, sans aucun guide théorique, on ne saurait jamais arriver à une certitude complète pour savoir si deux courbes expérimentales, qui ne peuvent être prolongées au delà de leur point de rencontre (comme c'est le cas ici), y forment un point anguleux, ou si elles présentent une courbe de raccordement.

» M. Le Chatelier apporte encore un argument pour l'existence d'un tel point anguleux au point de fusion, en faisant observer qu'on a affaire à deux courbes entièrement distinctes : l'une pour les dissolutions de $CaCl^2, 6H^2O$ dans l'eau; l'autre pour les dissolutions du même hydrate dans le sel anhydre ou dans un des hydrates inférieurs.

» Je regrette d'autant plus de ne pouvoir accepter non plus cette manière de voir, qu'elle rompt l'accord entre M. Le Chatelier et moi sur les conditions nécessaires pour l'existence d'un point anguleux.

» Nous étions d'accord sur ce point, qu'une courbe nouvelle commence au moment même où un nouvel hydrate *solide* apparaît; et mes expériences sur le chlorure de calcium, qui semblait auparavant faire exception, avaient amplement contribué à décider définitivement cette question. Ce n'était qu'un cas particulier de la règle générale que j'avais établie : qu'un point anguleux (nommé par moi *point multiple*) se rencontre toujours au moment où un nouveau système prend naissance par le remplacement d'une des phases par une autre.

» Or, je ne puis admettre qu'il y ait changement de système au point de fusion. L'on a toujours l'équilibre entre $CaCl^2, 6H^2O$, dissolution et vapeur, que cette dissolution contienne plus ou moins d'eau que l'hydrate solide. J'ai, dans un Mémoire antérieur, fixé l'attention sur ce fait que l'équilibre entre un corps solide, un liquide et une vapeur, dans un système composé de deux substances, est entièrement défini et indépendant des suppositions qu'on peut faire sur la nature des complexes liquides.

» Nous présumons maintenant que l'état d'hydratation des molécules salines dans une dissolution aqueuse varie avec la température et la concentration. Néanmoins, la concentration de la dissolution en équilibre avec $CaCl^2, 6H^2O$ varie continuellement, aussi longtemps qu'elle contient plus ou moins de $6H^2O$. Pourquoi la variation deviendrait-elle brusque au moment où elle dépasse la composition de l'hydrate?

» Ce qui me semble résulter de nouveau de cette discussion, c'est la nécessité, sur laquelle j'ai tant insisté, de faire attention au nombre des phases qui entrent dans un système en équilibre. Dans le point de fusion il n'y a que les trois phases nommées; dans les points anguleux doivent exister quatre phases, si le système renferme, comme c'est le cas ici, deux corps constituants ($CaCl^2$ et H^2O). »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des éthers chlorhydriques à l'aide des alcools saturés d'acide chlorhydrique et chauffés en vase clos, avec une forte dose d'acide chlorhydrique très concentré* [1]. Note de M. **H. Malbot**, présentée par M. Friedel.

« On a souvent conseillé, pour la préparation des éthers chlorhydriques, de saturer d'abord l'alcool d'acide chlorhydrique et de chauffer la solution en vase clos.

» Cette disposition semblait préférable à celle qui eût consisté à chauffer l'alcool avec de l'acide chlorhydrique aqueux : on espérait ainsi réduire au minimum l'action saponifiante de l'eau et reculer le plus possible la limite de l'éthérification. C'est le contraire qui a lieu en réalité.

» D'abord, il s'en faut, et souvent de beaucoup, que l'alcool (surtout bien exempt d'eau) dissolve son équivalent d'acide chlorhydrique. On est donc bien loin de réaliser des conditions favorables à l'éthérification de l'alcool. On favorise, au contraire, l'éthérification de l'acide [2], et, au moment de l'équilibre, il y a, en présence, des quantités de même ordre d'éther, d'eau et d'alcool, et très peu d'acide.

» Si donc l'on envisage, d'une part, les actions antagonistes de l'eau et

---

[1] Les détails des présentes recherches seront exposés dans le *Bulletin de la Société chimique*.

[2] Expériences de MM. Berthelot et Péan de Saint-Gilles sur l'influence des proportions relatives d'alcool et d'acide (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LXVI, § VII, p. 85 et 88, et t. LXVIII, p. 349 et 350).

de l'acide (sans avoir égard à l'alcool excédant), on voit que, contrairement à la prévision admise, l'influence de l'eau est le plus favorisée; il est vrai que si, d'autre part, on considère les actions également antagonistes, de l'eau et de l'alcool excédant, la prépondérance appartient à l'excès d'alcool.

» Mais, quand on veut éthérifier un alcool, ce n'est point par un excès d'alcool, mais bien par un excès d'acide, qu'il faut s'opposer à la décomposition de l'éther.

» C'est aller contre son but que d'employer trop peu d'acide pour avoir moins d'eau. Ce qui importe, c'est beaucoup moins la quantité absolue d'eau que la proportion relative d'eau et d'acide.

» Si l'on fait en sorte que l'eau soit toujours chargée d'une quantité suffisamment grande d'acide chlorhydrique, son action saponifiante sera jusqu'à la fin compensée, et au delà, par l'action éthérifiante de l'acide.

» C'est le résultat que j'ai obtenu en saturant d'abord parfaitement l'alcool d'acide chlorhydrique et l'additionnant ensuite d'une forte dose, convenablement calculée, d'acide chlorhydrique au maximum de concentration.

» Le titre acide du système diminue à mesure que l'éthérification s'effectue, mais le volume de l'eau produite, jointe à l'eau primitive, est tel que le titre acide présente encore, à la fin, une valeur élevée.

» Cette disposition est tellement efficace qu'elle rend l'éthérification à très peu près intégrale, et en un temps très court.

» On s'en rendra compte aisément si l'on observe que la condition signalée par MM. Berthelot et Péan de Saint-Gilles comme capable de conduire au premier résultat est réalisée ici (¹). En effet, le système, homogène au début, devient bientôt hétérogène : l'éther se sépare en couche surnageante; l'alcool et l'acide restent en présence dans la couche inférieure, et l'eau n'a guère contact avec l'éther qu'à la surface de séparation des deux couches (²).

(¹) *Expériences relatives à la séparation de l'eau d'éthérification. Éther éthalstéarique* (*Annales de Ch. et de Phys.*, 3e série, t. LXVI, p. 50, et t. LXVIII, p. 232).

(²) Les circonstances que je décris ici sont si parfaitement identiques avec celles qui se trouvent réalisées dans une expérience de M. Berthelot, que je demande la permission de citer textuellement l'illustre auteur : « Un mélange d'alcool ordinaire et d'acide valérique à équivalents égaux, préparé le 18 avril 1861, avait donné naissance, en novembre 1877, à de l'éther éthylvalérique et à de l'eau, qui s'était *séparée* sous

» D'autre part, si l'on se reporte aux expériences de MM. Berthelot et Péan de Saint-Gilles sur la vitesse d'éthérification dans les systèmes plus ou moins « dilatés » ou « dilués » ([1]), on voit que, dans les conditions où je me place, les masses réagissantes, par le fait de leur extrême concentration, se trouvent dans l'état le plus favorable à la rapidité de l'opération.

» Aussi ai-je observé que le chlorure d'amyle apparaît en couche surnageante et se forme entièrement en quinze minutes. Le chlorure d'éthyle se forme aussi rapidement. La réaction est tellement énergique qu'il est prudent d'éteindre le feu au moment où elle se déclare.

» La température à laquelle il est nécessaire de porter le système est notablement abaissée. C'est là une circonstance qui favorise la pureté du produit. La rapidité même de la préparation concourt à ce résultat, car l'action d'une température relativement peu élevée (100°, par exemple) suffit pour altérer l'éther, à la longue.

» Ainsi, outre l'économie de temps, on a l'avantage de réduire au minimum les produits de l'altération de l'éther, produits encore peu connus, et dont la présence est très gênante dans les recherches relatives aux éthers simples.

» Parmi ces produits d'altération, je signalerai les éthers $HR(C^nH^{2n})^m$ qui correspondent aux polymères du carbure diatomique C^nH^{2n}, isologue de l'alcool primitif.

» Ces éthers de carbure condensés se produisent avec les différents hydracides. J'en ai observé, en appliquant le procédé de Personne. Leur formation, subséquente de l'éthérification principale, me paraît s'enchaîner très naturellement à la « théorie de l'éthylène », si considérablement développée par M. Berthelot. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la méthylacétanilide.* Note de M. **H. Giraud**, présentée par M. Friedel.

« Les *Comptes rendus* pour la séance du 18 mars renferment une Note du Dr Dujardin-Baumetz sur les propriétés médicales d'une substance pré-

---

forme liquide. Dans ce tube, la proportion d'éther éthérifié est de 81,7 au lieu de 65,8 à 200°. Mais, à 200°, le système est *homogène*.... » (*Annales de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XIV, p. 440).

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LXVI, § IV, p. 54, et § V, p. 65.

parée par M. Brigonnet sous le nom d'*exalgine*. Ce corps, d'après la Note, porte le nom scientifique de « ortho-méthylacétanilide et peut » exister, comme tous les dérivés aromatiques, sous les trois modifica- » tions ortho, para et méta. »

» Or le nom d'*ortho-méthylacétanilide* ne peut s'appliquer qu'à un corps décrit par Beilstein et Kuhlberg sous le nom d'*acéto-orthotoluide* et préparé au moyen de l'orthotoluidine et de l'acide acétique.

» La substance préparée par M. Brigonnet n'est pas nouvelle, elle a été décrite par M. Hofmann en 1874; sa vraie désignation est *méthylacétanilide*, et elle ne peut pas exister sous trois modifications, car le radical phényle contenu dans sa molécule n'est pas substitué.

» On utilise ce corps, dans les laboratoires, pour préparer la monométhylaniline pure et on le fabrique en grand, à bas prix, au moyen de la monométhylaniline, dont la préparation est devenue industrielle. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *De l'analyse des quinquinas et de la solubilité relative des principes immédiats qu'ils contiennent, dans l'eau, l'alcool et l'acide chlorhydrique étendu*. Note de M. **Ed. Landrin**, présentée par M. P.-P. Dehérain.

« Il m'a paru intéressant, pour me rendre compte de la valeur relative des préparations médicinales du quinquina, de rechercher si l'on pouvait facilement épuiser ces écorces par certains dissolvants et en extraire la totalité des alcaloïdes qu'elles contiennent. Le type du quinquina que j'ai choisi pour mes essais est le *quinquina succirubra*, provenant des cultures du gouvernement hollandais à Java. Avant de donner les résultats obtenus, je décrirai rapidement la méthode que j'emploie, depuis de longues années, pour l'analyse des quinquinas, et qui m'a toujours fourni les meilleurs résultats dans ma pratique journalière, résultats absolument concordants pour une même écorce.

» On prend 300^{gr} du quinquina à essayer, qu'on réduit en poudre assez fine pour passer au tamis n° 40; d'autre part, on prépare un lait de chaux avec 75^{gr} de chaux caustique, on y ajoute 75^{gr} d'une solution de soude caustique à 40° B. et 1^{lit} d'eau. On verse le quinquina dans ce mélange, de manière à en faire une bouillie bien homogène. Si le mélange était trop épais, on pourrait l'étendre d'un peu d'eau.

» J'attache une grande importance à l'emploi du mélange des deux alca-

lis, pour mettre en liberté la totalité des alcaloïdes du quinquina; en effet, c'est seulement depuis que j'ai recours à cette méthode que mes résultats n'ont différé au maximum que de 1 pour 1000, alors que j'obtenais des écarts bien plus considérables en me servant des méthodes que j'ai décrites en 1877. Le mélange fait, on verse sur le quinquina 2^{lit} d'huile de schiste, qu'on porte à la température de 100° pendant vingt minutes, en agitant constamment le quinquina et l'huile pour que le tout soit constamment en contact; on décante ensuite l'huile saturée d'alcaloïdes qu'on remplace par 2^{lit} d'huile et l'on recommence exactement la même opération. On a donc, en résumé, tous les alcaloïdes du quinquina en solution dans 4^{lit} d'huile. Le premier lavage entraîne en moyenne les $\frac{9}{10}$ des alcaloïdes; c'est ainsi que, dans une opération, on a retiré des deux premiers litres d'huile : $11^{gr},450$ de sels cristallisés et des deux derniers litres $1^{gr},710$. Un troisième lavage à l'huile serait inutile.

» Les 4^{lit} d'huile de schiste chaude sont ensuite lavés : d'abord avec 75^{cc} d'eau acidulée à l'acide sulfurique à $\frac{1}{10}$ additionnée de 150^{cc} d'eau, pendant dix minutes, puis le liquide acide est décanté. Cette opération est renouvelée, une seconde fois, avec les mêmes quantités des mêmes liquides, et, une troisième fois, avec des quantités deux fois moindres. On réunit les deux premières liqueurs acides, et on les neutralise à l'ébullition avec de l'ammoniaque, pour en séparer les résines; on opère de même avec le troisième liquide acide qui sert à laver le filtre de la première opération. Par refroidissement, la proportion d'eau acide, par rapport au quinquina employé, est telle que la plus grande partie des sels alcaloïdiques cristallisent : en moyenne, les $\frac{9}{10}$. On sépare ces sulfates par filtration et les eaux mères sont précipitées par la soude caustique; les alcaloïdes essorés, séchés et pressés, sont repris par la plus petite partie d'eau acidulée pour les transformer en sulfates, sans acidifier la liqueur. La totalité des sulfates est pesée et leur séparation effectuée par les méthodes connues (1).

» En opérant ainsi, j'ai trouvé que le *quinquina succirubra*, dont je me proposais l'examen, contenait par kilogramme :

Alcaloïdes totaux	$75^{gr},92$
Sels cristallisables	51,83
Sulfate de quinine	21,27

(1) Pour de plus amples détails concernant la fin de l'analyse et la séparation du sulfate de quinine, voir ma Thèse présentée à l'École de Pharmacie en 1877.

» Ayant ainsi déterminé la composition de ce quinquina, j'ai cherché l'action qu'exerçaient sur lui les différents liquides employés habituellement à l'épuisement.

» J'ai d'abord traité par l'eau bouillante, jusqu'à complet épuisement, puis séché, pesé et analysé. En tenant compte de l'eau, sa composition peut être ainsi représentée :

Eau	100
Matières extractives solubles dans l'eau	340
Matières insolubles	560
	1000

	Alcaloïdes totaux.	Sels cristallisables.	Sulfate de quinine.
Partie soluble	64,42	43,49	15,85
Partie insoluble	11,50	8,34	5,42

» L'eau suffit donc pour enlever au quinquina la plus grande partie des principes actifs qu'il contient.

» Les mêmes expériences ont été faites en traitant le quinquina par l'alcool à 90° et par l'eau acidulée à l'acide chlorhydrique (méthode de M. de Vrij); les résultats obtenus sont les suivants :

	Traitement par l'alcool.	Traitement de Vrij.
	gr	gr
Eau	100	100
Matières extractives solubles	325	260
Matières extractives insolubles	575	640

	Alcaloïdes.	Sels cristallisables.	Sulfate de quinine.	Alcaloïdes.	Sels cristallisables.	Sulfate de quinine.
Partie soluble	65,97	45,71	18,27	58.68	39,61	13,88
Partie insoluble	9,95	6,12	3,00	17,24	12,22	7,39

» L'alcool enlève au quinquina sensiblement autant de principes extractifs et d'alcaloïdes que l'eau; mais l'acide chlorhydrique étendu en enlève un peu moins que les deux premiers dissolvants, contrairement à ce qui est généralement admis. Par contre, l'épuisement avec ce dernier réactif exige beaucoup moins de liquide que les deux premières méthodes; de plus, l'extrait obtenu, ramené au poids du quinquina employé, est beaucoup plus soluble dans les dissolvants et notamment dans l'eau; il possède, en

outre, une saveur bien plus franche que les extraits aqueux et alcoolique et me paraît pour ces raisons devoir leur être préféré. Dans une prochaine Communication, j'examinerai le dosage et la séparation des principes extractifs solubles du quinquina autres que les alcaloïdes qu'il renferme. »

MINÉRALOGIE. — *De la solubilité de divers minéraux dans l'eau de mer.* Note de M. J. THOULET.

« Je me suis proposé dans mes expériences de rechercher la solubilité de divers minéraux dans l'eau de mer. Cette solubilité, très faible, rend les expériences fort longues et délicates.

» Le minéral était concassé, tamisé en grains uniformes de la dimension d'un petit grain de millet, séparé en deux portions à peu près égales dont chacune était pesée après que le poids en était devenu invariable, grâce à une dessiccation à l'étuve vers 125°. Une première portion a été placée dans un flacon bouché à l'émeri et mise en contact avec un volume déterminé d'eau de mer filtrée; on agitait plusieurs fois par jour. Après une semaine, l'eau était vidée à l'aide d'un filtre-siphon, de manière à être certain qu'aucun fragment solide n'était emporté, et remplacée par une nouvelle quantité d'eau de mer. L'expérience a duré sept semaines. Au bout de ce temps, l'eau de mer a été remplacée par de l'eau distillée de volume connu et renouvelée de semaine en semaine pendant sept semaines; en même temps, la seconde portion du minéral était mise en contact, dans des conditions absolument identiques, avec de l'eau distillée, dans un second flacon. Les températures maxima et minima notées jour par jour ont été respectivement de 19° et de 5° pour la période d'immersion dans l'eau salée, de 19°,5 et de 3° pour la période d'immersion dans l'eau douce, donnant une température moyenne de 12°,8 pour la première et de 11°,5 pour la seconde période. La quantité totale d'eau de mer, de densité égale à 1,0232 à 17°,5, et celle de l'eau distillée, mises en contact avec chaque minéral, se sont élevées à 4950^{cc}. La surface totale des grains, pour 1^{gr}, était de $26^{cq},06$ environ.

» Après les quatorze semaines de contact avec l'eau salée et l'eau douce et les sept semaines seulement de contact avec l'eau distillée, le liquide, qui ne donnait aucune trace de précipité par l'azotate d'argent, a été enlevé

pour la dernière fois; les deux portions de grains minéraux ont été recueillies à part, desséchées et pesées.

» Les résultats obtenus sont inscrits dans le Tableau suivant :

	Eau de mer : 7 semaines. Eau distillée : 7 semaines.			Eau distillée : 7 semaines.			
Minéraux.	Poids primitif.	Perte brute.	Perte pour 1gr.	Poids primitif.	Perte brute.	Perte pour 1gr.	Différence des pertes pour 1gr.
Obsidienne.......	5,4237	0,0007	0,0001	3,2973	0,0000	0,0000	0,0001
Pierre ponce.....	3,0856	0,0111	0,0036	3,0938	0,0135	0,0044	—0,0008
Amphibole.......	4,9349	0,0073	0,0015	5,9842	0,0068	0,0011	0,0004
Orthose.........	5,2102	+0,0006	+0,0001	4,1877	0,0015	0,0015	—0,0017
Marbre..........	5,0854	0,0841	0,0165	5,5224	0,0917	0,0166	—0,0001
Coquilles (1).....	5,1736	0,1064	0,0206	5,5885	0,1091	0,0195	0,0011
Corail (2)........	4,8956	0,1294	0,0264	5,8417	0,1559	0,0267	—0,0003

» La solubilité dans l'eau de mer est donc extrêmement faible et très notablement inférieure à la solubilité dans l'eau douce. Le phénomène s'explique par l'absence totale d'acide carbonique libre dans l'eau de mer, qui d'ailleurs manifeste une réaction alcaline au tournesol et à la coralline.

» Dans le cas du marbre, de l'orthose, de la pierre ponce et du corail, la perte dans l'eau de mer a été négative. Ce résultat s'explique par ce fait que de petites algues ont pris naissance dans les flacons où s'exécutaient les expériences et en plus grande quantité dans ceux contenant pendant quatorze semaines de l'eau de mer et de l'eau douce que dans ceux ayant contenu de l'eau douce pendant sept semaines seulement. Le poids de ces algues est venu troubler les résultats. De nouvelles expériences devront être faites à l'abri de la lumière. D'autre part, la concordance des résultats obtenus pour un même minéral montre que, l'influence de la lumière mise à part, les expériences ont été correctes.

» Cette observation trouve son application en Géologie et peut expliquer la présence ou l'absence de fossiles dont on ne retrouve plus quelquefois que les moules dans certaines couches formées au sein des eaux

(1) Coquilles de *Pectunculus pilosus* et de *Cardium edule* en portions à peu près égales, prises au bord de la mer et ayant déjà quelque peu subi l'influence des agents atmosphériques; elles contiennent 92,72 pour 100 de carbonate de chaux.

(2) Corail mort de l'espèce *Cladocora*.

marines ou des eaux douces, ou bien encore d'origine marine, mais postérieurement émergées. »

ZOOLOGIE. — *Sur les formations de recouvrement chez l'*Anatife *et le* Pollicipes. Note de M. R. Kœhler, présentée par M. H. de Lacaze-Duthiers.

« La couche épithéliale externe du corps et du pédoncule des Cirrhipèdes sécrète un revêtement chitineux, dont la face externe est recouverte par une cuticule formée de fines fibres parallèles reliées par des anastomoses. On sait que des plaques calcaires peuvent se développer, non seulement dans la couche chitineuse du capitulum, mais aussi dans celle qui recouvre le pédoncule, pour constituer de petites écailles, ainsi que cela arrive chez le *Scalpellum*. Les ouvrages classiques enseignent que le pédoncule du *Pollicipes* est également couvert d'écailles, ce qui ferait supposer que ces petits corps, en forme de rectangles aux angles arrondis, dont les bords foncés entourent une masse blanchâtre, qui sont disposés en files longitudinales et obliques à la surface de la couche chitineuse du pédoncule, sont simplement des écailles calcaires analogues à celles du *Scalpellum*. En réalité, ces formations caractéristiques du genre *Pollicipes* ont une structure très compliquée et ne méritent pas du tout le nom d'*écailles*.

» La couche chitineuse du pédoncule présente à sa surface une série de dépressions coniques, sortes de fossettes, tapissées par une membrane qui se continue avec la cuticule générale qui recouvre la couche chitineuse. Seulement, cette membrane cuticulaire ne s'arrête pas au bord de la fossette qu'elle tapisse : elle se prolonge librement, et en s'élargissant, en dehors de la couche de chitine, sur une longueur qui correspond à peu près à la profondeur de la fossette. De cette manière, se trouve constituée une sorte de coupe ou de cupule dont la région interne est enfoncée dans la couche de chitine et présente des stries longitudinales et transversales très élégantes, tandis que la moitié externe se trouve située en dehors de cette couche et offre une couleur uniforme d'un brun foncé. La région interne renferme une concrétion arrondie, à surface mamelonnée, et qui fait effervescence avec les acides : je la considère comme formée par du carbonate de chaux uni à une substance organique. Quant à la région externe élargie, elle se trouve occupée par une masse blanchâtre, finement granuleuse et se colorant en rose par le carmin. Cette masse remplit complètement la cavité de la cupule ; elle se trouve limitée extérieurement par une mem-

brane très fine qui s'insère sur le bord libre de la cupule et se confond avec la couche cuticulaire qui en forme la paroi. La membrane correspond donc à la base du cône que forme la cupule, qui se trouve ainsi transformée en un organe clos. Cette masse granuleuse représente, avec le bord externe des cupules, la seule partie que l'on aperçoive lorsqu'on regarde la surface du pédoncule; c'est elle qui donne à ces prétendues écailles leur coloration blanche, tandis que leurs bords foncés ne sont autre chose que les bords externes des cupules.

» Au fond de chaque cupule, il existe un orifice arrondi, limité par un rebord légèrement renflé : ses bords se continuent avec un tube dont la paroi est toujours formée par la même cuticule à coloration brune que la paroi de la cupule. Ces tubes traversent de part en part la couche chitineuse en s'amincissant progressivement à mesure qu'ils se rapprochent de sa face interne, mais leur lumière reste toujours parfaitement distincte; leur trajet est légèrement sinueux. C'est grâce à la présence de ces tubes que les cupules peuvent recevoir les matériaux nutritifs qui leur sont nécessaires.

» La couche chitineuse du pédoncule de l'Anatife ne porte à sa surface aucune formation de recouvrement; mais cependant la membrane cuticulaire qui la tapisse présente certains épaississements qui, jusqu'à un certain point, rappellent les dispositions observées chez le *Pollicipes*.

» En étudiant par sa face externe une portion de la couche de chitine, on observe d'abord un système de stries très fines et parallèles qui correspondent aux intervalles séparant les minces fibres cuticulaires. Mais on est frappé de suite par la présence de corps arrondis, d'une couleur jaune clair, constitués par des épaississements particuliers de la cuticule. Ces corps renferment souvent un globule unique, de forme également arrondie, mais présentant une couleur jaune plus foncée. Ces globules sont susceptibles de se diviser, et l'on en trouve parfois jusqu'à quinze réunis dans une même plaque qui perd sa forme régulière et s'allonge. Les coupes transversales montrent très nettement les rapports de ces formations avec la cuticule; elles apprennent de plus que ces épaississements n'ont point une forme sphérique, comme le fait croire leur aspect sur les objets vus de face, mais sont au contraire hémisphériques. Ils ont la forme de lentilles plan-convexes, et ils sont reçus dans des excavations plus ou moins profondes de la couche de chitine. De ces épaississements naissent des fibres, toujours formées de substance cuticulaire, qui se dirigent vers la face interne de la couche de chitine : les unes, très fines, offrent un trajet oblique

et très sinueux; les autres, plus grosses et présentant un double contour, ont un trajet presque rectiligne. Je ne crois pas que ces fibres soient creuses comme celles qui partent du fond des cupules du *Pollicipes*.

» Bien que ces formations diffèrent beaucoup de celles que nous avons décrites chez le *Pollicipes*, elles sont incontestablement de même nature que ces dernières. Les renflements hémisphériques avec les globules qui se différencient dans leur intérieur, chez l'Anatife, sont constitués par la cuticule et sont reçus dans des fossettes de la couche chitineuse, de même que chez le *Pollicipes* les cupules ne sont que des différenciations de la cuticule, reçues dans des fossettes plus profondes que chez l'Anatife. Les formations sont plus compliquées chez le *Pollicipes*, mais dans les deux genres elles se continuent avec des fibres de même nature, qui traversent en direction radiaire la couche chitineuse sous-jacente pour se terminer sur sa face interne.

» La structure des valves calcaires du capitulum présente aussi quelques particularités chez le *Pollicipes*. Chez l'Anatife, comme chez les autres Cirrhipèdes, le tissu calcifié et compact des valves est simplement recouvert d'une mince cuticule; sur les coupes on n'y observe que des couches successives de dépôt. Chez le *Pollicipes*, dont les valves ont une épaisseur considérable, ces plaques calcaires sont divisées en trois ou quatre étages par des lames secondaires de cuticule qui se détachent de la cuticule externe au niveau du bord des valves. De plus, des fibres cuticulaires radiaires, à trajet sinueux, s'étendent entre ces lames. Lorsqu'on observe ces fibres sur des coupes tangentielles, on les trouve toujours situées dans une aire arrondie, moins colorée que le tissu général de la plaque. Enfin, au lieu d'être compact comme dans les autres genres, ce tissu est creusé de nombreuses lacunes, de formes et de dimensions très variables, et qui sont absolument vides [1]. »

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur les terrains tertiaires supérieurs de la région de Pézenas (Hérault).* Note de M. de Rouville, présentée par M. Hébert.

« La Société géologique de France, dans sa réunion extraordinaire à Montpellier (octobre 1868), eut l'occasion de constater que le département

[1] Ces recherches ont été faites au laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Nancy, à l'aide des échantillons vivants provenant de la station maritime de Roscoff et qui m'étaient adressés par M. de Lacaze-Duthiers.

de l'Hérault n'était pas moins riche en documents précieux pour l'histoire des terrains tertiaires supérieurs (Montpellier, Pézenas) que pour celle des terrains paléozoïques (Cabrières).

» Quelques faits nouveaux relatifs aux premiers accroîtront, peut-être, l'intérêt de ceux qu'elle fut à même d'observer ([1]).

» MM. Biche et Triadou, de Pézenas, tous deux associés depuis longtemps avec un zèle infatigable à mes études dans leur région, ont découvert une nouvelle station de la faune d'Hauterive et un nouveau gisement de *Potamides Basteroti* qui n'ont pas encore été signalés.

» A 4^{km} environ à l'ouest de Pézenas, au tènement de Saint-Palais, au nord de la campagne Payrat, sur la berge droite du ruisseau de Saint-Martial, au-dessous de la masse de sable et de gravier qui lui avait déjà fourni deux mâchoires de Rhinocéros, soumises, lors du passage de la Société, à l'examen de M. le Professeur Gaudry, M. Biche a trouvé dans une couche d'argile verdâtre des *Helix* et une Clausilie que M. Fischer, qui a bien voulu les examiner, rapproche, sans toutefois garantir leur identité, de l'*Helix Chaixi* et de la *Clausilia Terveri;* l'association de ces genres s'ajoutant aux analogies des espèces me les fait considérer comme hauteriviens; une Lymnée très ventrue et un Cyclostome, qui paraît à M. Fischer différer de celui d'Hauterive, accompagnent, ainsi qu'un petit Planorbe, les *Helix* et la Clausilie.

» Cette même argile s'est encore rencontrée à environ 1500^{m} à l'ouest dans le ruisseau de Ratacos, en contre-bas de la campagne d'Aigues-Vives. Il est probable que tous les ravins de la contrée, suffisamment creusés et débarrassés des débris qui les encombrent, la mettraient au jour. Ce dernier gisement n'a fourni que des traces indéterminables de fossiles brisés, mais que les morceaux de tests et la situation stratigraphique rapportent à l'horizon des argiles de Saint-Palais.

» Si l'on se rappelle ([2]) que les ossements de Rhinocéros et d'Antilope rencontrés dans les graviers supérieurs ont été reconnus par M. Gaudry pour les Rhinocéros et l'Antilope de Montpellier, on est amené à reconnaître dans le gîte en question une faune d'Hauterive inférieure à des sables à fossiles montpelliérens, semblablement, d'ailleurs, à ce qui s'observe, d'après ce qu'a bien voulu me communiquer M. Depéret, à Hauterive même, à Lenz-Lestang et à Mollon, dans le Dauphiné. Quant aux sables mêmes de Montpellier, on sait, depuis les travaux de Marcel de

([1]) *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. XXV, p. 944.

([2]) *Loc. cit.*, p. 954.

Serres, qu'ils supportent les dépôts du Palais de Justice, bien connus par leurs *Helix* et leurs Clausilies.

» Montpellier et Pézenas sembleraient donc établir la réalité d'un niveau de la faune d'Hauterive dans l'épaisseur même des sables à *Rhinoceros leptorhinus* et *Palæoxyris Cordieri;* autrement dit, nous aurions, dans l'Hérault, la faune d'Hauterive en pleine faune de Montpellier.

» La trouvaille de M. Triadou, qui date elle-même d'un certain nombre d'années, fait connaître un gîte nouveau de *Potamides Basteroti*, accompagné de la *Paludestrina Escoffieræ* aux formes multiples, ici comme partout; c'est à une petite distance à l'ouest du village de Bassan, à près de 9^{km} de Pézenas vers Béziers, qu'au-dessous d'un abrupt considérable de sable et de gravier affleure une couche d'argile renfermant en très grande quantité les fossiles susnommés.

» Comme l'argile de Saint-Palais, celle-ci recouvre immédiatement les marnes mollassiques à *Ostrea crassissima* et supporte une formation détritique qui n'a offert encore aucun fossile, mais qui ne paraît pas autre que le prolongement occidental du gravier à Rhinocéros de Saint-Palais : une circonstance sédimentaire qui les rapproche, c'est le développement, au milieu de leur masse, de marnolites plutôt lacustres que fluviatiles, dont le caractère s'accentue, à Bassan, par l'interposition de bancs de marnes et de calcaires en lentilles discontinues.

» La couche à Potamides rappelle naturellement le gisement de la Gaillarde, près Montpellier, qui posséderait en plus les *Melampus*, et en moins les Paludestrines. Avons-nous affaire au même horizon? Tout semble indiquer tout au moins une station bien analogue. En superposition directe sur la mollasse, les Potamides de Bassan réaliseraient les conditions stratigraphiques que j'ai admises récemment pour celles de la Gaillarde. Que si, conformément aux vues de M. Viguier [1], je revenais à ma première manière de voir de 1853 [2], j'aurais à constater à Bassan l'absence des sables montpelliérens sous-jacents, et à y voir peut-être un cas de transgressivité pour la couche à Potamides; mais l'absence de fossiles dans le terrain immédiatement recouvrant interdit, pour le moment, une interprétation plus explicite des faits observés [3].

» A ces considérations, suggérées par les découvertes de MM. Biche et

---

(1) *Comptes rendus*, t. CVI, p. 1477.

(2) *Description géologique des environs de Montpellier*, p. 92; 1853.

(3) Le terrain détritique supérieur de Bassan, de caractère fluvio-lacustre, occupe

Triadou, j'ajouterai un ou deux faits d'observation récente : en premier lieu, la superposition directe de la faune de Saint-Prest (*Elephas meridionalis, Hippopotamus major*) sur le gravier à Rhinocéros de Saint-Palais (quartier des Bottines, près de la métairie de Payrat); en second lieu, la superposition non moins directe des cailloux siliceux (diluvium alpin d'E. Dumas) sur les alluvions fluvio-volcaniques du Riège à *Elephas meridionalis;* le niveau de la faune de Périer semblerait donc manquer dans nos régions; d'autre part, la faune de Saint-Prest épuisant les faunes tertiaires, les alluvions siliceuses du sommet, que quelques géologues considèrent comme pliocènes, me paraissent devoir être rattachées, du moins dans nos régions, aux temps quaternaires, ainsi qu'elles l'étaient par le géologue de Sommières ([1]). »

GÉOLOGIE. — *Les terrains crétacés des environs de Tiaret et de Frenda (province d'Oran).* Note de M. **Jules Welsch**, présentée par M. Hébert.

« La partie occidentale du plateau du Sersou, ainsi que toute la région qui borde ce plateau à l'ouest, est occupée par des terrains crétacés constituant deux séries distinctes.

» Dans la série inférieure, j'ai reconnu la succession suivante :

» G_1. Marnes jaunâtres à

Ostrea prælonga Sharpe.
Ostrea pentagruelis Coq.
Ostrea falco Coq.

» Elles reposent en concordance de stratification sur les couches jurassiques.

» G_2. Marnes et calcaires jaunes renfermant de gros Gastéropodes des genres *Strombus*, *Natica*, etc.

» C_1. Marnes et calcaires, en général, de couleur jaune, mais quelquefois d'un gris foncé, avec

Ostrea conica (Sow. ?) Auctorum.
Cardium Pauli Coq.
Anisocardia n. sp.
Janira Alpina d'Orb.
Cardium Desvauxi Coq.
Ammonites inflatus Sow.

---

dans l'Hérault de vastes surfaces, marquées de l'indice M^m sur ma Carte géologique. Il me paraît l'équivalent continental des sables estuariens de Montpellier, le prolongement de nos dépôts du Palais de Justice, et correspondre, d'une manière générale, à la totalité ou à une partie du conglomérat bressan.

([1]) E. Dumas, *Statistique du département du Gard*, t. I, p. 600.

» C_2. Calcaires avec bancs marneux intercalés, renfermant *Ostrea Africana* Lamark, et de gros Gastéropodes des genres *Strombus* et *Tylostoma*. Cela constitue un deuxième niveau de gros Gastéropodes.

» C_3. Calcaire lumachelle renfermant en abondance *Ostrea flabellata* d'Orb.

» C_4. Calcaires grumeleux où le fossile dominant est *Ostrea Syphax* Coq. avec *Cardium Pauli* Coq. et *Pecten Tenouklensis* Coq.

» C_5. Marnes argileuses renfermant en abondance de nombreuses variétés de l'*Ostrea Mermeti* Coq. Certaines de ces variétés se rapprochent complètement de l'*Ostrea columba* Lk, var. *minor* (*O. Reaumuri* Coq.).

» C_6. Marnes jaunes et bancs calcaires avec

Ostrea Oxyntas Coq.
Ostrea Olisiponensis Sharpe.

» L'épaisseur de cette série de huit assises dépasse 300^m. Ces couches paraissent être toujours en concordance de stratification ; mais, en certains points, on voit l'assise C_1 avec *Ostrea conica* reposer directement sur le jurassique ; il y a donc là une transgression.

» On remarquera l'analogie de cette série avec la série des couches de Bousaada, étudiées par M. Péron à 250^{km} à l'est de Tiaret.

» La partie inférieure présente de nombreux traits de ressemblance avec les couches du Portugal, de l'étage *bellasien* de M. Choffat.

» Je considère les assises C_1 à C_6 comme répondant à l'étage *cénomanien*, tel qu'il est limité en France par plusieurs géologues, notamment par M. Hébert. L'assise C_1 à *O. conica* et *A. inflatus* répond à la partie la plus inférieure de la craie de Rouen, et l'assise C_6 à *O. olisiponensis* est à peu près l'équivalent des couches à *Heterodiadema lybicum* du midi de la France, où l'on trouve cette huître.

» Quant aux assises G_1 et G_2, elles représentent le *gault*, sans qu'il me soit possible d'indiquer une limite inférieure exacte, par suite de la pauvreté en fossiles des zones inférieures à l'assise G_1.

» Au-dessus du cénomanien et en discordance, existe une deuxième série de couches crétacées. Cette série est complètement transgressive sur la précédente et repose souvent sur les couches jurassiques, comme dans les environs de Frenda. Elle renferme les assises suivantes :

» S_1. Marnes et calcaires jaunes dolomitiques avec

Turritella pustulifera Bayle,
Cyphosoma cf. Delamarrei Deshayes,
Echinobrissus pseudo-minimus Pér. et Gauth.,

et nombreux fragments de tests d'Inocérames.

» S_2. Marnes et calcaires analogues avec

Ostrea proboscidea d'Arch.,
Ostrea Cadierensis Coq.,
Ostrea acanthonota Coq.,
Ostrea Boucheroni Coq.,
Hemiaster Fourneli Deshayes,
Hemiaster latigrunda Pér. et Gauth.,
Hemiaster oblique-truncatus id.

» S_3. Marnes crayeuses blanches très épaisses, au milieu du Sersou et au sud de Frenda, avec

Ostrea Peroni Coq.,
Ostrea acanthonota Coq.,
Ostrea semiplana Sow.,
Nerita Fourneli Bayle.
Bothriopygus Coquandi Cotteau,
Echinobrissus trigonopygus id.

» S_4. Marnes gypsifères épaisses et calcaires dolomitiques, qui terminent la série et constituent le Djebel Sidi el Abed et le Djebel Lachdar.

» Les assises S_1 à S_4 présentent une épaisseur totale d'environ 300^m.

» Je crois pouvoir rapporter cette série au sénonien inférieur (étage santonien de Coquand et de M. Péron) par analogie avec les couches étudiées dans les provinces d'Alger et de Constantine. La discordance constatée et l'étude des faunes indiquent l'absence du turonien.

» En résumé, c'est la première fois que le gault et le sénonien sont signalés sur les hauts plateaux d'Oran ; l'étage cénomanien seul avait été indiqué par M. Pomel près de Tiaret et sur le plateau de Sdama.

» De plus, le bassin du Sersou montre la transgressivité générale des terrains crétacés sur les couches plus anciennes, en allant de l'est à l'ouest, et le maximum de l'invasion marine a eu lieu à l'époque que je rapporte au sénonien inférieur [1]. »

GÉOLOGIE COMPARÉE. — *Sur la météorite d'Eagle Station, nouveau spécimen de brahinite*; Note de M. **Stanislas Meunier.**

« La collection du Muséum d'Histoire naturelle vient de s'enrichir d'un bel échantillon de météorite qui provient d'un bloc de 36^{kg},500 découvert en 1880 à Eagle Station, Carroll County, Kentucky. Ce bloc gisait non loin d'un *mound* ou tertre préhistorique, dans lequel on en trouva quelques

[1] En terminant cette Note, je dois remercier de la façon la plus vive M. Péron, pour les nombreux renseignements qu'il m'a donnés au sujet de ce travail.

fragments détachés par les hommes primitifs et convertis en pendants d'oreilles qui ont été figurés par le professeur Putnam ([1]).

» J'ai soumis la météorite d'Eagle Station à une étude minéralogique dont les résultats paraissent devoir modifier sensiblement l'opinion exprimée par le Dr Kennicut, qui l'a examinée en Amérique immédiatement après la découverte et l'a rapprochée du fer météorique d'Atacama ([2]). Une section polie au travers de la masse y révèle bien, en effet, la structure ordinaire des syssidères : c'est une sorte d'éponge métallique dont les vacuoles sont exactement remplies par des fragments lithoïdes; mais ces fragments diffèrent par des caractères importants de la roche contenue dans le fer d'Atacama et qui, comme je l'ai montré ([3]), consiste exactement en dunite. M. Kuntz ([4]), de son côté, fait de cette masse une pallasite; mais l'analyse y montre, en association avec le péridot, une notable quantité de pyroxène, qui caractérise essentiellement le type de syssidère que j'ai distingué en 1870 sous le nom de *brahinite*. Il est même des points où les fragments pierreux sont eux-mêmes tout à fait bréchoïdes : à la loupe, on y distingue des éclats de péridot, de pyroxène et d'un minéral noir et opaque qui n'a pu être déterminé.

» De son côté, le réseau métallique est doué de la disposition concentrique qui caractérise les syssidères filoniennes, et il est facile d'y reconnaître les deux alliages désignés sous les noms de *tænite* (Fe^6Ni) et de *kamacite* ($Fe^{14}Ni$).

» Jusqu'ici le type brahinite n'était représenté dans les collections que par la masse découverte à Brahin, Russie, en 1822; il est d'un haut intérêt de constater l'identité que présente avec elle la météorite américaine. »

---

(1) Je mentionnerai à cette occasion la découverte faite en 1885, près de Catorze, Mexique, d'un fer météorique dans une fissure duquel est engagé encore un ciseau préhistorique en cuivre natif.

(2) *Report of Peabody Museum of Archæology*, p. 382.

(3) *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 588; 2 septembre 1872.

(4) *American Journal of Sciences*, t. XXXIII; mars 1887.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action du bacille pyocyanique sur la bactéridie charbonneuse.* Note de MM. CHARRIN et L. GUIGNARD.

« Des expériences de M. Bouchard ([1]) ont montré que l'inoculation du bacille pyocyanique pouvait influencer le développement de la maladie charbonneuse.

» Nous avons cherché à pénétrer le mécanisme de cette influence, en étudiant d'abord *in vitro* l'action du microbe du pus bleu sur celui du charbon. Dans ce but, ce microbe a été semé dans des cultures charbonneuses en pleine activité virulente. Les réactions caractéristiques de la pyocyanine n'ont pas tardé à apparaître, et, en observant ces cultures mixtes, nous avons suivi les modifications que peut y subir la bactéridie charbonneuse. Ces cultures ont été inoculées au cobaye. Pour tuer cet animal, il faut des doses considérables de virus pyocyanique (1^{cc} et davantage), tandis que des doses minimes de charbon (1 à 3 gouttes de culture) sont suffisantes pour amener la mort. Dès lors, en injectant sous la peau tout au plus $0^{cc},5$, on ne peut agir que par la bactéridie charbonneuse.

» Pendant les six premiers jours de ces cultures mixtes, la virulence du germe charbonneux ne paraît pas modifiée d'une façon constante. A partir du huitième jour, cette virulence diminue. Les animaux inoculés succombent au charbon, mais la survie augmente. Alors qu'une culture charbonneuse de même âge et indemne de tout microbe du pus bleu tue en trois ou quatre jours, la culture mixte ne cause la mort qu'au bout de sept à huit jours. A l'autopsie, on rencontre habituellement dans la rate de longs filaments, minces, granuleux, que l'on a considérés comme les signes d'un charbon atténué. Au vingtième jour et au-delà, le cobaye se montre réfractaire, quoique les résultats ne soient pas absolument constants. Il est aisé de constater qu'à cette date, si on sème la bactéridie ainsi atténuée dans du bouillon pur, cette bactéridie reprend sa virulence.

» Parallèlement à ces changements de virulence, nous avons suivi les modifications morphologiques. Dans la culture du charbon, on introduit quelques gouttes de culture du bacille pyocyanique. On constate que la

([1]) *Influence du bacille pyocyanique sur la maladie charbonneuse* (voir plus haut, p. 714).

bactéridie charbonneuse change rapidement d'aspect. Dès le second jour, les bâtonnets rassemblent leur contenu en certains points, sous forme de granulations de volume variable, autour desquelles on aperçoit la mince membrane de la bactéridie.

» Après trois ou quatre jours, on observe soit des formes d'involution consistant en bâtonnets ou filaments renflés, plus ou moins contournés, incurvés, soit des articles isolés ou soudés, réduits par places à leur membrane, renfermant ailleurs des granulations dont le diamètre est variable. Ces granulations sont facilement colorables; il n'y a pas formation de spores. La plupart s'isolent bientôt dans le liquide et, après leur mise en liberté, elles ressemblent à des microcoques d'inégale grosseur, isolés ou groupés. On retrouve cependant, même après plusieurs mois, quelques bâtonnets courts, déformés, présentant un contenu granuleux. D'autre part, si l'on ensemence ces organismes ainsi altérés dans des milieux appropriés, la végétation normale, comme tout à l'heure la virulence, ne tarde pas à réapparaître.

» Dans une seconde série d'expériences, nous avons semé du charbon à l'état de filaments dans des produits solubles stérilisés et filtrés du bacille pyocyanique. On observe dans ces nouvelles conditions des modifications de morphologie et de virulence absolument comparables à celles que nous venons d'indiquer. Si l'on reprend, au sein de ces milieux artificiels, les germes charbonneux qui y vivent si péniblement, pour les porter sur des milieux favorables, on assiste encore à leur régénération rapide.

» Ajoutons que nous nous sommes assurés que les atténuations ne tenaient pas à de simples dilutions. Il a été reconnu, en outre, que les cobayes n'étaient pas vaccinés par ce virus affaibli. Enfin, les résultats négatifs ou inconstants que l'on peut obtenir semblent s'expliquer par ce fait qu'il est difficile d'apprécier d'une façon mathématique la vitalité respective des deux microbes mis en présence.

» Dans une troisième série d'expériences, nous avons pu voir, grâce à l'obligeance de M. Loye, que les produits solubles du bacille pyocyanique n'agissaient pas sur l'hémoglobine du lapin. De plus, les globules du sang ne présentent pas d'altération apparente, au moins après six jours, quand on les conserve dans ces mêmes produits solubles, à l'abri de l'air.

» Pour tous ces motifs, nous avons été amenés à conclure que, dans le mécanisme de l'atténuation du microbe du charbon par le microbe du pus bleu, les produits fabriqués par ce dernier pouvaient jouer un rôle. Il est permis de supposer que ces substances chimiques, dans le cas parti-

culier, sont plus nocives pour la cellule végétale que pour certaines cellules animales. L'inverse se produit quand, par exemple, on régénère le charbon symptomatique par l'acide lactique.

» Toutefois, ce serait exagérer que de croire l'action des produits solubles suffisante à elle seule pour tout expliquer. Ces produits atténuent, ils ne tuent pas, ou du moins difficilement. Il est possible que le phagocytisme profite de cette atténuation pour remporter une victoire devenue plus facile. Il est probable aussi que d'autres conditions de ce mécanisme nous échappent.

» Peut-on pénétrer plus intimement le procédé qu'emploie le bacille pyocyanique pour altérer la bactéridie charbonneuse? Répondre d'une façon complète serait chose difficile. Ce que l'on peut dire, c'est que le microbe du pus bleu, pour agir, paraît user surtout de deux ordres de moyens principaux. Il atténue la bactéridie charbonneuse en sécrétant des substances nuisibles pour elle, mais il l'atténue également en épuisant les milieux nutritifs. La démonstration de cet épuisement résulte de ce fait qu'il suffit d'ajouter du bouillon pur pour rendre au germe charbonneux un certain degré de vitalité. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les tremblements de terre à Madagascar.* Note du P. **Camboué**, présentée par M. Grandidier.

« Les tremblements de terre ne sont pas rares dans la province centrale d'Imerina à Madagascar. Il n'y a guère en effet d'années où l'on n'y ressente une ou plusieurs secousses, bien qu'elles ne soient ni violentes ni de longue durée.

» Dans les trois dernières années, j'ai constaté une curieuse coïncidence entre les secousses telluriques et la chute de pluies abondantes, et je demande à appeler sur ce fait l'attention de l'Académie, bien qu'il y ait eu quelquefois aussi des tremblements de terre pendant la saison sèche.

» Dans l'après-midi du 7 février 1887, la montagne de granite sur laquelle est bâtie la ville de Tananarive a été un moment ébranlée par un choc sismique. Des pluies anormales avaient précédé ce phénomène.

» Le 17 mars 1888, vers 8^h47^m du matin, on a ressenti à Tananarive un tremblement de terre qui s'est aussi produit après une période de pluies assez abondantes; en effet, du 23 février au 17 mars, la quantité d'eau tombée a été de $0^m,276$.

» Enfin, cette année, des secousses analogues ont eu lieu le 28 février dernier, toujours après des pluies abondantes; du 18 au 28 février, la quantité d'eau tombée a été de $0^{m},274$. Ces secousses ne se sont fait sentir que sur le versant oriental, dans le quartier d'Ambohimitsimbina, tandis que sur le versant occidental, dans le quartier d'Ambodinandohalo, qui est situé à 1^{km} environ plus au nord, on n'a rien éprouvé.

» J'ajouterai qu'il vient de se produire, à la suite de ces secousses, un phénomène curieux dans le petit pays d'Ankisatra, qui est situé à deux journées de marche dans le sud de Tananarive, sur la route de Fianarantsoa. Le sol y a été si fortement secoué qu'il s'est fissuré en plusieurs places et a donné passage à une assez grande quantité d'eau pour y former un petit lac. »

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Sur quelques passages anciens relatifs à Thalès et à la géométrie des Égyptiens.* Note de M. **L. Hugo.**

« Il y a déjà bien des années, à la suite d'un entretien avec le conservateur Birch, à Londres, j'ai communiqué à l'Académie diverses remarques sur le *papyrus géométrique Rhind.* Depuis lors, ce précieux document a été publié et commenté par Eisenlohr. Il nous renseigne sur ce qu'était la géométrie des Égyptiens, plusieurs milliers d'années avant notre ère, et Bretschneider (*Die Geometrie und die Geometer vor Euclides*) fait observer que la science des Égyptiens, ayant pris un caractère hiératique, ne pouvait ensuite faire que de lents progrès.

» On arrive ainsi jusqu'à l'époque du voyage de *Thalès* de Milet en Égypte. (D'après Apollodore, la naissance du géomètre grec se placerait dans la XXXVe olympiade, soit vers l'an 548 avant Jésus-Christ.)

« Diogène Laërce dit à ce sujet [1]:

» Personne ne fut son instructeur, ce n'est que pendant son séjour en Égypte qu'il fréquenta les prêtres.

» Le même auteur a écrit aussi [2]:

» Pamphile dit que lorsqu'il (Thalès) apprenait la Géométrie chez les Égyptiens...

» Cette géométrie des Égyptiens fut appliquée par Thalès à la mesure de la hauteur des Pyramides de Memphis.

---

(1) Diog. Laert. 1, C. 1, n° 6.
(2) Diog. Laert. 1, C. 1, n° 3.

» Voici le récit de Hiéronyme de Rhodes, d'après Diogène [1] :

» Hiéronyme dit que (Thalès) avait mesuré les Pyramides au moyen de l'ombre, en l'observant au moment où (la nôtre) est de même longueur que nous (en hauteur).

» Ce procédé, choisissant l'instant de l'ombre *isomégèthe*, est bien considéré par Bretschneider (à cause de la simplicité) comme dérivant de l'ancienne Géométrie primitive. Pline a rapporté le même fait en écrivant [2] :

» ... Umbram metiendo, qua hora par esse corpori solet.

» Plutarque indique un procédé un peu plus compliqué, que j'appellerai celui de l'ombre *hétéromégèthe* [3] (que d'ailleurs Bretschneider rapporte à une date plus récente que l'époque de Thalès).

» Le roi Amasis apprécie par-dessus toute chose la mesure de la hauteur de la Pyramide, que sans peine et sans instrument tu as obtenue en te bornant à placer un bâton à la pointe de l'ombre portée par la Pyramide. Tu as montré que les deux *triangles* formés par le rayon solaire fournissent des ombres qui sont l'une à l'autre dans le rapport de la Pyramide au bâton.

» Montucla [4] a adopté ce récit de préférence à celui de Hiéronyme, comme plus digne de Thalès.

» D'autre part, Bretschneider fait remarquer que la Pyramide ne se prête pas aussi bien que l'obélisque des Égyptiens à la mesure de l'ombre portée, et suppose qu'il s'est agi plutôt, à l'origine, du monolithe. »

M. Larrey présente l'analyse suivante d'un ouvrage de M. *Émile Berger,* publié en langue allemande, sur « Les troubles oculaires dans le tabès dorsal et la théorie du tabès ».

« L'auteur expose dans cette publication la théorie du tabès dorsal, fondée sur l'examen clinique de 109 tabétiques et sur des recherches expérimentales faites au laboratoire de M. Brown-Séquard.

» M. Berger a réussi à obtenir des altérations dans la rétine et dans des parties distinctes de la moelle épinière, après une lésion d'une partie (dont la situation est décrite dans cet Ouvrage) de la moelle allongée.

---

(1) *Diog. Laert.,* (3), C.I, n° 6.
(2) *Hist. Nat.,* XXXVI, 12, 17.
(3) Plutarque, *Banquet des Sept Sages. Paroles de Niloxène à Thalès.*
(4) *Hist. des Math.,* Vol. I, p. 103.

Il est arrivé à ce résultat que la moelle allongée joue un rôle très important dans le développement des troubles oculaires chez les tabétiques.

» Une comparaison des troubles oculaires (paralysies des muscles, atrophie du nerf optique), chez les tabétiques syphilitiques et chez les tabétiques non syphilitiques, a fourni les résultats suivants :

» 1° La fréquence des troubles oculaires est la même chez les tabétiques syphilitiques et chez les tabétiques non syphilitiques.

» 2° Chez les tabétiques syphilitiques, les troubles oculaires se manifestent plus fréquemment au début de la maladie que chez les tabétiques non syphilitiques, chez lesquels la maladie commence, dans la plupart des cas, par des symptômes spinaux.

» 3° Les paralysies des muscles de l'œil persistent en moyenne plus longtemps chez les tabétiques syphilitiques que chez les tabétiques non syphilitiques.

» 4° L'atrophie du nerf optique a chez les tabétiques syphilitiques en moyenne une durée plus longue, jusqu'à devenir aveugle, que chez les tabétiques non syphilitiques ».

M. **Edm. Henry** adresse une Lettre sur l'utilité d'une force motrice constamment disponible à bord des navires de guerre et insiste sur les avantages qu'offrirait, pour les manœuvres, l'installation d'un réservoir à air comprimé.

La séance est levée à 4 heures trois quarts. M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 8 avril 1889.

Histoire de la statue d'Ampère; par M. A. Vachez. Lyon, Mougin-Rusand, 1889; br. in-8°.

La mort par la décapitation; par le Dr Paul Loye. Paris, Lecrosnier et Babé, 1888; 1 vol. in-8°.

Observations sur le sous-genre Lemoinea *E. Fourn.* (*Bégonias tubéreux proprement dits*); *par* Henri Duchartre. Paris, Gaston Née, 1889; br. gr. in-8°.

Atti della R. Accademia dei Lincei. Serie quarta. *Memorie della classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali;* Volumes III et IV. Roma, tipografia della R. Accademia dei Lincei, 1886-1887; 2 vol in-4°.

The antidotal treatment of the epidemic cholera; by JOHN PARKIN. London, Sampson Low, Marston, etc., 1886; 1 vol in-8°.

Epidemiology; or, the remote cause of epidemic diseases in the animal and in the vegetable creation; by JOHN PARKIN. London, Sampson Low, Marston, etc., 1886; 2 vol. in-8°.

The antidotal treatment of disease; by JOHN PARKIN; Part I. London, Sampson Low, Marston, etc., 1878; 1 vol. in-8°.

Untersuchungen über die tägliche Oscillation des Barometers; von J. HANN. Wien, 1889. (Aus der *Kaiserlich-Königlichen Hof- und Staatsdruckerei*); br. in-4°.

Jahrbuch des norwegischen meteorologischen Instituts für 1885-1886, herausgegeben von Dr H. MOHN. Christiania, Druck bei Grondahl und Son, 1886-1887; 2 br. in-4°.

Zonenbeobachtungen der Sterne zwischen 64°50′ *und* 70°10′ *nördlicher Declination auf der Universitäts-Sternwarte in Christiania angestellt und im Auftrage des academischen Collegiums herausgegeben von* C. FEARNLEY *und* H. GEELMUYDEN. Christiania, Gedruckt bei W. C. Fabritius und Sonner, 1888; 1 vol. in-4°.

Die Sehstörungen bei Tabes dorsalis und Versuch einer einheitlichen Erklärung des Symptomencomplexes der Tabes, von Dr E. BERGER, in Paris. Wiesbaden. J.-F. Bergmann, 1889; br. in-8°. (Présenté par M. le baron Larrey.)